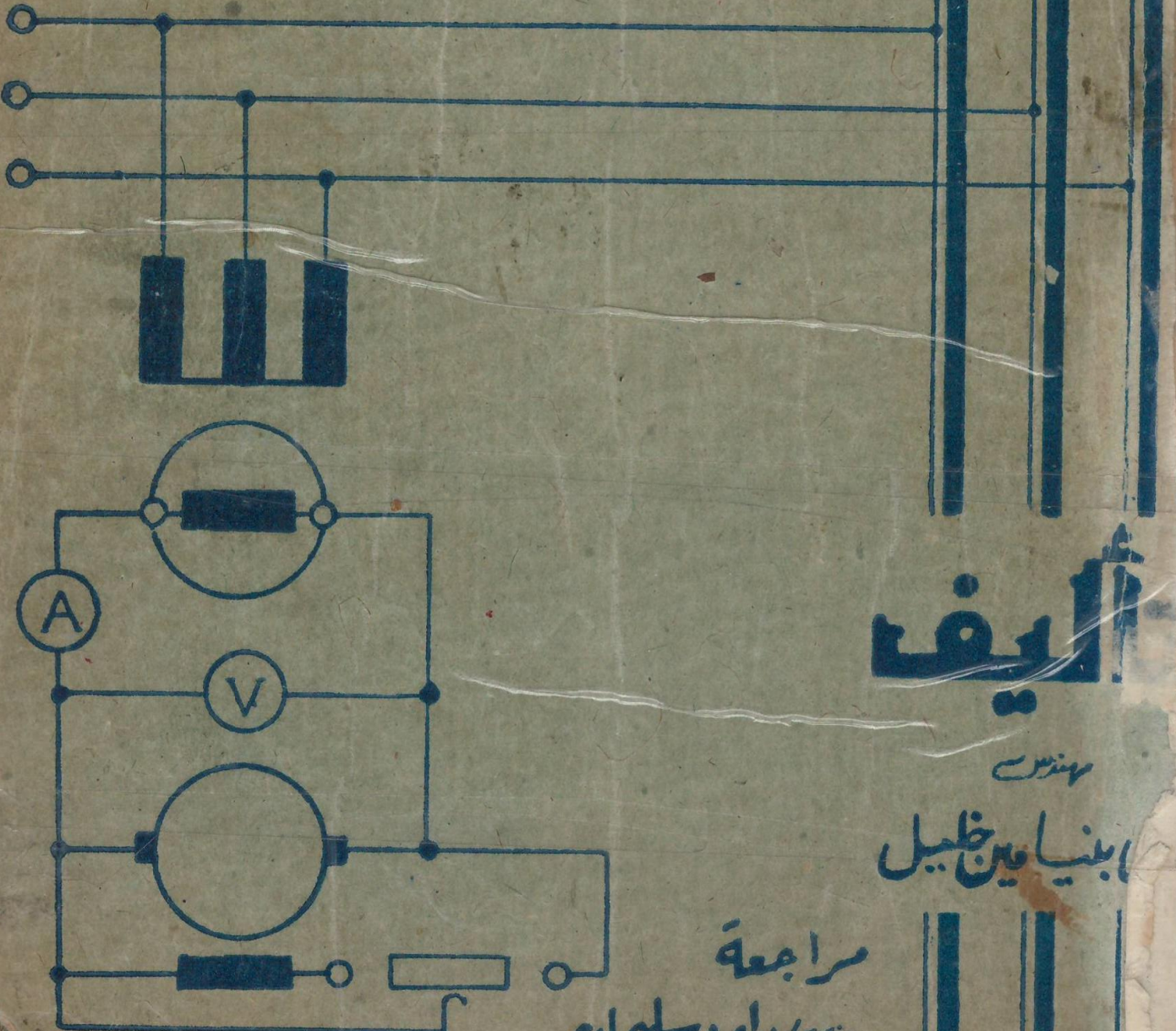


كتاب

# تكنولوجيا الكهرباء

لدراسة آلات التيار المتغير



أليف

مهندس

ابن يامين خليل

مراجعة

مهندس/ داود سليمان

مدرسة الأقطار الثانوية الصناعية



مكتبة الأجلو المصرية

الكتاب رقم ١١٢٨

كتاب

# تكنولوجيا الكهرباء

لدوائر وآلات التيار المتغير

مؤلف: دكتور / محمد عوض تاج الدين

استاذ الامام المصرية، جامعة عين شمس، مصر

تأليف

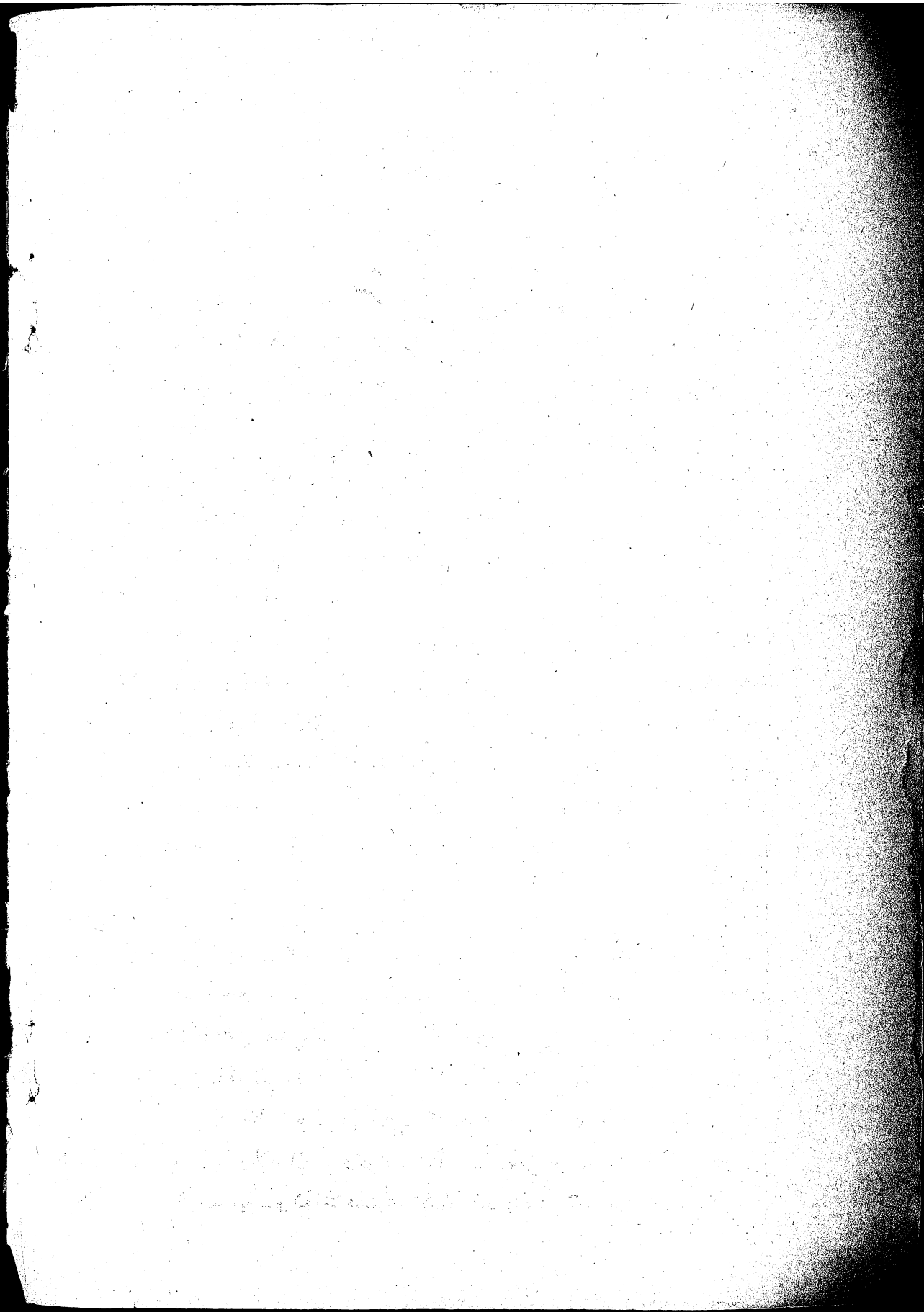
المهندس عزمي بنيا مين خليل

١٩٧٥

الناشر

مكتبة الأجلو المصرية







# مقدمة

أبدأ بتقديم خالص الشكر لله سبحانه وتعالى الذى أعاننى لإخراج هذا الكتاب إلى حيز الوجود ويرى هذا العمل الضخم المرهق النور ليظهر هذا الكتاب بين يدي عزيزنا القارئ ومن أهم أهداف ظهور هذا الكتاب هو ملء الفراغ الكبير في هذا المجال بالعربية علاوة على عدم وجود كتاب مدرسى لطلبة المدارس الثانوية الصناعية دبلوم كهرباء وطلبة المعاهد الفنية وكان للمقال الذى نشرته جريدة الأهرام باسم السيد الدكتور ميلاد حنا عن ضرورة تأهيل الخارجين من التجنيد لمواجهة الحياة العملية وإسترجاع ماتركوه من دراسات أكاديمية في كليات الهندسة ويميدوا إستيعابه بأساليب تطبيقية وعملية ليتم الإتصال بين الدراسات النظرية والحياة العملية في شتى المجالات كان هذا المقال دافعاً لى بالتعجيل نحو إخراج هذا الكتاب أقدمه لكل مهندس وكل فنى وكل عامل يشتغل في صناعة الهندسة الكهربائية حيث يظهر أسلوب العمل بالكتاب على أساس التطبيق العملي لمختلف النظريات في صناعة الهندسة الكهربائية مع عدم إغفال النظرية والحسابات الرياضية وتوضيح أساليب التطبيق العملي فهو يربط بين النظرية والتطبيق التكنولوجى لصناعة الكهرباء .

وكما نعرف أن التكنولوجيا هو العلم الذى يبحث في قواعد التطبيق العملي لشتى أنواع العلوم والنظريات - وهو يبحث في أصول وأساليب الصناعة في شتى المجالات فكل عمل مفيد يبدأ بنظرية علمية في عقل المخترع ثم يأخذ المصمم هذه النظرية ليضعها موضع التنفيذ مع تحديد أساليب التصنيع وحساباته - وإذا رأت النظرية النور في مجال التطبيق وبأساليب إقتصادية ومفيدة - فإنها تظهر كعمل نافع يفيد البشرية والإنسان - وتتوقف قيمة هذا العمل ومستوى إنتاجه على النواحي الإقتصادية - وكذلك مستوى الأداء والجودة ومن هنا تظهر أهمية الأساليب



التي تنبع في التطبيق العملي عند التنفيذ ، وهذا هو مجال علم التكنولوجيا في الصناعة .

وكما هو معروف أن النظرية بدون تطبيق عملي تعتبر نظرية عرجاء-وكذلك العمل الصناعي بدون نظرية يعتبر عمل أعمى ، ومن هنا ظهرت أهمية التطبيق العملي المبني على أساليب علمية صحيحة تعتمد على الحسابات وقواعد التصميم، ونستطيع القول أن العمل الهندسي في مجال الصناعة دائماً يبحث في رفع مستوى الأداء والجودة ، مع مراعاة الفواحي الاقتصادية - ولذلك كان من الضروري خلق جيل من الفنيين لهم إلهام بالنظرية وكذلك الأساليب المختلفة في التطبيق العملي .

ومن هنا كانت الحاجة إلى كتب لا تغفل النظرية دون التعمق فيها وتحتوي على الأساليب الصناعية في التطبيق، وعلى هذا المقياس بدأنا بإخراج هذا الكتاب- وتنبه كتب أخرى في مجالات الألكترونيات والكهرباء - وقد روعى في وضع هذا الكتاب أن ينطى المناهج المتبعة في التعليم الصناعي والفني مع إستكمال نواحي القصور فيها ، علاوة على الإيفاء بحاجة الفنيين في مجالات الصناعة لهندسة الكهرباء والألكترونيات .

ويحتوي هذا الكتاب على دراسة لخواص التيار المتغير وحساباته ، وكذلك على الآلات الكهربائية للتيار المتغير - وهو سمعة أبواب كما سيبرى عزيزنا القارئ .

ولا يفوتني في هذه المقدمة أن أقدم خالص شكرى لكل الذين شجعوني نحو إخراج هذا الكتاب وكان لهم الفضل الكبير في تأييدي ومساندتي حتى أستكمل هذا الكتاب وأخص بالذكر الأستاذ المهندس داود سليمان مدير الأقباط الثانوية الصناعية الذي شجعني كثيراً نحو إخراج هذا الكتاب وكان له الفضل الكبير في مراجعة أصوله .



وخالص شكرى للاستاذ الفاضل صبحى جريس صاحب ومدير مكتبة الأنجلو المصرية وكذلك جميع الذين إشتروا فى طباعة هذا الكتاب وعلى رأسهم الأستاذ الفاضل منير صبحى مدير المطبعة الفنية الحديثة .

أرجو من الله أن يوفقنا لخدمة هذا الوطن الحبيب وخدمة زملائنا العاملين بالتعليم الصناعى وفى مجالات العمل فى صناعة الكهرباء وفى مساعدة أبنائنا بالتعليم الفنى - أبدأ بتقديم هذا المجهود المتواضع وأرجو أن تكون هذه البداية تشجيعاً لنا لتقديم مجهود أعمق فى مجال أوسع .

المؤلف

مهندرس / عزمى بنيامين خليل

القاهرة يناير ١٩٧٥



# فهرس

## الباب الاول

### القسم الاول - التيار المتغير

الموضوع	صفحة
المقدمة :	٣
الفهرس :	٦-٢٤
١ مقدمة عن خصائص وإستعمالات التيار المتغير	٢٥
١ر١ مقارنة بين التيار المتغير والتيار المستمر	٢٦
١ر٢ طرق توليد التيار المتغير	٢٧
١ر٣ حساب القوة الدافعة الكهربية المتولدة	٣١
١ر٤ التردد	٣٥
١ر٥ العلاقة بين التردد والسرعة وعدد الاقطاب	٣٦
١ر٦ القيمة الفعالة للضغط والتيار المتغير	٤٠
١ر٧ القيمة المتوسطة للضغط والتيار المتغير	٤٠
١ر٨ معامل الشكل	٤١
١ر٩ زاوية الوجهة : (١) لاتفاق وجهي (ب) الوجه متعامد (ج) الوجه معكوس (د) زوايا التقدم أو التأخر	٤٢
١ر١٠ الملفات في دوائر التيار المتغير	٤٤
١ر١١ تعريف معامل الإستنتاج : - وحدة الإستنتاج - الحث	
المغناطيس الكهربي تعريف الحث الذاتي والتبادل	٤٦
١ر١٢ إيجاد معامل الإستنتاج الذاتي لملف معلوم	٤٧
١ر١٣ الملفات الخائقة وأنواعها	٤٩
١ر١٤ حساب قيمة الإستنتاج للخائق	٥١
١ر١٥ إستعمالات الخائق	٥٢

صفحة	الموضوع
٥٣	١١٦ المكشفات الكهربية . . . . .
٥٤	١١٧ العوامل التي تؤثر على السعة الكهربية . . . . .
٥٤	١١٨ حساب سعة المكثف . . . . .
٥٦	١١٩ أنواع المكشفات الكهربية . . . . .
٥٦	١٢٠ استخدام المكشفات . . . . .
٥٧	١٢١ الممانعة التأثيرية . . . . .
٥٨	١٢٢ التيار يتأخر ٩٠° عن الضغط في الممانعة التأثيرية . . . . .
	١٢٣ العلاقة بين القوة الدافعة الاصلية والرجعية والتيار في الممانعة
٥٨	التأثيرية . . . . .
٦٠	١٢٤ تأثير السطح الخارجى للوصل في دوائر التيار المتغير . . . . .
	١٢٥ مقارنة بين المقاومة البحتة والخائق والمكثف في دوائر التيار
٦٠	المستمر والمتغير . . . . .
٦٢	١٢٦ توصيل الخواثق بالتوالى وبالتوازي . . . . .
٦٣	١٢٧ توصيل المكشفات بالتوالى وبالتوازي وبالتضاعف . . . . .
٦٨	أسئلة عن القسم الأول من الباب الأول . . . . .
	القسم الثانى - حساب دوائر التيار المتغير
٧١	١٢٨ توصيل مقاومة مادية بينوع متغير . . . . .
٧٢	١٢٩ توصيل مقاومة تأثيرية بينوع متغير . . . . .
٧٣	١٣٠ توصيل ملف ( مقاومة مادية وتأثيرية ) بينوع متغير . . . . .
٧٨	١٣١ توصيل مكثف بينوع متغير . . . . .
٨٣	١٣٢ توصيل الملفات بالتوالى بينوع تيار متغير . . . . .
٩٠	١٣٣ توصيل مكثف ومقاومة بينوع تيار متغير بالتوالى . . . . .
٩٢	١٣٤ توصيل مقاومة وحث وسعه بينوع تيار متغير بالتوالى . . . . .
٩٤	١٣٥ توصيل الملفات بالتوازي في دوائر التيار المتغير . . . . .
٩٩	تحليل مركبات المقادير بالموجهاات . . . . .



- ١٠٤ . . . ١٣٦ توصيل ملف ومكثف بالتوازي في دوائر التيار المتغير .
- ١٠٨ . . . ١٣٧ حالة التوافق أو الرنين . . . . .
- التوافق الضغطى - التوافق التيارى - حالات خاصة
- ١١٣ . . . . . لتوافق التوازي .
- ١١٨ . . . ١٣٨ إيجاد سعة المكثف الذى يحدث فى الدائرة توافقا .
- ١٢٤ . . . أسئلة عن القسم الثانى من الباب الاول .

# الباب الثانى

## القسم الأول

### دوائر التيار المتغير ذو الثلاثة أوجه

الموضوع	الصفحة
٢ر١ التيار ذو الثلاثة أوجه : القوة الدافعة الكهربائية اللحظية في كل وجه . . . . .	١٣٠
٢ر٢ التيار في سلك الحياض عند الحمل المتزن . . . . .	١٣٢
٢ر٣ توصيل النجمة : - ضغط الخط وضغط الوجه - توصيل أحمال مادية وتأثيرية في توصيل النجمة . . . . .	١٣٤
٢ر٤ توصيل الدلتا : - ضغط الخط وضغط الوجه - تيار الخط وتيار الوجه القسم الثانى - القدرة في دوائر التيار المتغير . . . . .	١٣٩
٢ر٥ ( ١ ) القدرة في المقاومة المادية . . . . .	١٤١
( ٢ ) القدرة في المقاومة التأثيرية . . . . .	١٤٣
( ٣ ) القدرة في الملف ( مقاوم مادية وتأثيرية ) . . . . .	١٤٤
( ٤ ) القدرة المستهلكة في المكثف . . . . .	١٤٦
( ٥ ) القدرة في التيار المتغير وجهين . . . . .	١٤٦
( ٦ ) القدرة في التيار المتغير ثلاثة أوجه . . . . .	١٤٦
( ١ ) توصيل النجمة . . . . .	١٤٨
( ب ) توصيل الدلتا . . . . .	١٥٠
( ٧ ) أمثلة محلولة عن القدرة في دوائر التيار المتغير . . . . .	١٥٠
٢ر٦ أسئلة وتمارين مختارة عن الباب الثانى . . . . .	٥٠

# الباب الثالث

## المحولات الكهربائية

الموضوع	الصفحة
٣ر٠ مقدمة : فكرة عامة عن المحولات وإستخدامها في محطات التوليد عند نقل القدرة	١٥٦
٣ر١ حساب القدرة المفقودة في الخط - مميزات نقل القدرة بضغط مرتفع	١٥٨
٣ر٢ نظرية المحلول	١٥٨
١ - العلاقة بين الضغط والتيار وعدد الملفات الابتدائي والثانوى ونسبة التحويل	١٥٩
٢ - القوة الدافعة الكهربائية في المحول	١٦١
٣ - تيار عدم الحمل	١٦٢
٤ - تحميل المحول وتيار الثانوى	١٦٣
٥ - أنواع المفاقيد في المحولات	١٦٤
(أ) المفاقيد الحديدية	١٦٤
(ب) المفاقيد النحاسية - مفاقيد النحاس عند أى حمل	١٦٥
٣ر٣ تركيب المحولات الكهربائية	١٦٧
١ - تركيب القلب - أنواع القلب الحديدى - مساحة مقطع القلب	١٦٧
٢ - تركيب الملفات	١٧١
(أ) الملف الثانوى والابتدائى	١٧٤
(ب) الطرق المختلفة لوضع الملفات - الطريقة الشطرية - الطريقة المركزية - الطريقة المركزية المنقسمة	١٧٥

الموضوع	الصفحة
٣٤ المحول ذو الملف الواحد ( المحول النفسى ) . . . . .	١٧٧
( ١ ) نظريته . . . . .	١٧٧
( ب ) توصيل الملفات به . . . . .	١٧٨
( ج ) المحول النفسى والثلاثة أوجه وتوصيلاته . . . . .	١٨٠
( د ) مميزاته وعيوبه وإستعمالاته . . . . .	١٨٢
٣٥ طرق تبريد المحولات . . . . .	١٨٣
١ - التبريد بالهواء الطبيعى . . . . .	١٨٣
٢ - التبريد بالهواء المضغوط . . . . .	١٨٣
٣ - التبريد بالزيت - خزان المحول وعلمة التمدد . . . . .	١٨٣
٤ - التبريد بالزيت المضغوط . والتبريد الداخلى . . . . .	١٨٥
٥ - خواص الزيت المستعمل فى تبريد المحولات . . . . .	١٨٦
٦ - إختبار المتانة الكهربية للزيت . . . . .	١٨٧
٧ - تأثير البلولة ودرجة الحرارة والرواسب على المتانة . . . . .	
الكهربية للزيت . . . . .	١٨٧
٨ - تجديد الزيت - ونظام التنفس فى المحولات . . . . .	١٨٨
٣٦ أنواع المحولات الكهربية . . . . .	١٨٩
١ - محولات القدرة - تشغيل المحول بحمله الكامل - . . . . .	
تشغيل المحول بدون حمل . . . . .	١٨٩
٢ - محولات الضغط وجه واحد وثلاثة أوجه . . . . .	١٨٩
٣ - محولات التيار وجه واحد وثلاثة أوجه . . . . .	١٩٢
٤ - نقط الخلات بين محولات التيار ومحولات الضغط . . . . .	١٩٤
٣٧ توصيل محولات القدرة معاً بالتوازي . . . . .	١٩٥
١ - تمييز أطراف المحولات . . . . .	١٩٥
٢ - توصيل محولات الوجه الواحد . . . . .	١٩٦
٣ - توصيل محولات الثلاثة أوجه . . . . .	١٩٧
٣٨ الطرق المختلفة لتوصيل ملفات المحولات الثلاثة أوجه . . . . .	١٩٩



- ١ - توصيل الضغط العالي والمنخفض في ملفات الإبتدائي والشانوى ٢٠١ . . . . .
- ٢ - طرق توصيل دلتا / دلتا ، نجمه / نجمه ، نجمه مزدوجة / ٢٠٢ . . . . .  $\Delta / Y$  ،  $\Delta / \nabla$  ، نجمه
- ٣ - تحويل ٣ أوجه إلى وجه واحد . . . . . ٢٠٣ . . . . .
- ٤ - طريقة الدلتا المفتوحة ( ملفان لكل فرع ) . . . . . ٢٠٥ . . . . .
- ٥ - طريقة الدلتا المفتوحة ( ثلاثة ملفات لكل فرع ) . . . . . ٢٠٥ . . . . .
- ٦ - طريقة T للتوصيل ( ملفان لكل فرع ) . . . . . ٢٠٦ . . . . .
- ٧ - التخلص من الذبذبات الدخيلة . . . . . ٢٠٧ . . . . .
- ٣٠٩ طرق وقاية المحول الكهربائى . . . . . ٢٠٨ . . . . .
- ١ - الأخطاء الخارجية . . . . . ٢٠٨ . . . . .
- ٢ - الأخطاء الداخلية . . . . . ٢٠٩ . . . . .
- ٣ - التيارات الخطرة . . . . . ٢١٠ . . . . .
- ٤ - جهاز بوخلز . . . . . ٢١١ . . . . .
- ٥ - جهاز ميرتس برايس . وجه واحد وثلاثة أوجه . . . . . ٢١٢ . . . . .
- ٦ - أجهزة القلب المتزنة . وجه واحد وثلاثة أوجه . . . . . ٢١٦ . . . . .
- ٣١٠ حساب المحول الكهربائى . . . . . ٢١٧ . . . . .
- ١ - الدوائر المكافئة للمحولات . . . . . ٢١٧ . . . . .
- ٢ - حساب تنظيم المحولات . . . . . ٢١٨ . . . . .
- ٣١١ اختبار المحولات . . . . . ٢٢١ . . . . .
- ١ - تجربة الدائرة المفتوحة . . . . . ٢٢١ . . . . .
- ٢ - تجربة القصر الدائرى . . . . . ٢٢٢ . . . . .
- ٣ - حساب جودة المحول من تجربتى الدائرة المفتوحة والقصر الدائرى . . . . . ٢٢٢ . . . . .
- ٤ - أسئلة مختارة ومسائل . . . . . ٢٢٤ . . . . .

## الباب الرابع

### مولدات التيار المتغير

الصفحة

٢٢٩	٤١ مقدمة : أساس مكونات المولد الكهربائي ومواصفاته —
٢٣٣	٤٢ المولد وإتصاله بالأحمال . . . . .
٢٣٤	٤٣ وصف إجمالى لمولدات التيار المتغير . . . . .
٢٣٤	٤٤ موايا مولدات التيار المتغير ذات المنتج الثابت . . . . .
٢٣٦	٤٥ فقط الخلاف الرئيسية بين مولدات التيار المتغير ومولدات التيار المستمر . . . . .
٢٣٦	٤٦ أنواع مولدات التيار المتغير من حيث السرعة . . . . .
٢٣٧	٤٧ مولدات السرعة البطيئة . . . . .
٢٣٧	٤٨ مولدات السرعة العالية . . . . .
٢٤٠	٤٩ نوعى مولدات التيار المتغير ذات الوجه الواحد والثلاثة أوجه . . . . .
٢٤٢	٥٠ تركيب مولدات التيار المتغير . . . . .
٢٤٢	١ - الهيكل . . . . .
٢٤٣	٢ - الصفائح الحديدية . . . . .
٢٤٤	٣ - تركيب الصفائح وعزلها وعملية التخمير . . . . .
٢٤٧	٤ - تهوية العضو الثابت . . . . .
٢٤٧	٥ - ملفات العضو الثابت . . . . .
٢٤٨	١٠٤ تركيب العضو الدائر للدول . . . . .
٢٤٩	١ - الأقطاب البارزة . . . . .
٢٥١	٢ - الأقطاب الغير البارزة . . . . .

٢٥٢	١١٤ تغذية الأقطاب في المولد الكهربائي . . . . .
٢٥٢	١ — التغذية الخارجية . . . . .
٢٥٣	٢ — التغذية النفسية . . . . .
٢٥٣	٣ — التغذية المركبة . . . . .
٢٥٣	١٣٤ حلقات الإنزلاق في العضو الدائر . . . . .
٢٥٦	١٣٤ لف عضو الإستنتاج في آلات التيار المتغير . . . . .
٢٥٦	١ — لف مولدات الوجه الواحد . . . . .
٢٥٧	٢ — لف النصف أو طريقة أنصاف الملفات . . . . .
٢٥٧	٣ — لف السكك أو طريقة الملفات الكاملة . . . . .
٢٥٨	١٤٤ الخطوة القطبية . . . . .
٢٥٩	١٥٤ خط-وة اللف . . . . .
٢٥٩	١٦٤ اللف المتداخل . وقواعد حساب اللف به . . . . .
٢٦٢	١٧٤ لف محركات الوجه الواحد وقواعد اللف به . . . . .
	١٨٤ لف العضو الثابت لآلات التيارات المتغير ثلاثة أوجه وقواعد اللف به . . . . .
٢٦٨	١٩٤ ملخص قواعد اللف في آلات الثلاثة أوجه . . . . .
٢٧٢	٢٠٤ طرق توصيل الأوجه . . . . .
٢٧٤	٢١٤ مقارنة بين اللف المتداخل ولف السلسلة . . . . .
٢٧٦	٢٢٤ اللف ذو الطبقتين (اللف المزدوج) . . . . .
٢٧٧	٢٣٤ توصيل مولدات التيار المتغير بالتوازي لتقسيم الأحمال . . . . .
٢٧٩	٢٤٤ عملية التوافق باستخدام المصابيح الكهربائية . . . . .
٢٨١	١ — نظام الإطفاء الكامل في حالتى الوجه الواحد والثلاثة أوجه . . . . .

٢٨٣	٢ — نظام الإضاءة الكاملة في حالتى الوجه الواحد والثلاثة أوجه . . . . .
٢٨٤	٣ — محولات التوافق . . . . .
٢٨٦	٤٢٥ جهاز التوافق الدائرى . . . . .
٢٨٧	٤٢٦ القوة الدافعة الكهربية في مولدات التيار المتغير . . . . .
٢٨٨	٤٢٧ معامل العرض . . . . .
٢٩٣	٤٢٨ معامل الخطوة للبلل . . . . .
٢٩٦	٤٢٩ تأثير رد فعل عضو الاستنتاج وممانعة ملفاته . . . . .
٢٩٦	١ — الممانعة التوافقية . . . . .
٢٩٦	٢ — محصلة المقاومات التوافقية . . . . .
٢٩٨	٤٣٠ تنظيم الضغط في مولد التيار المتغير أوتوماتيكيا . . . . .
٢٩٨	١ — منظم ترل - تركيبه . . . . .
٢٩٩	٢ — عمل منظم ترل . . . . .
٣٠٠	٣ — منظم برون بوفرى وتركيبه . . . . .
٣٠١	٤ — عمل منظم برون بوفرى . . . . .
٣٠٢	٤٣١ مميزات آلات التيار المتغير ثلاثة أوجه عن الوجه الواحد . . . . .
٣٠٣	٤٣٢ دوائر توصيل مولدات التيار المتغير بالتوازي . . . . .
٣٠٤	١ - القواعد الأساسية المستخدمة لمحات توليد التيار المتغير . . . . .
٣٠٥	٢ - أنظمة التحكم والتنظيم والوقاية لمولدات التيار المتغير . . . . .
٣٠٨	٣ - دوائر توصيل مولدات التيار المتغير ضغط منخفض . . . . .
٣٠٩	٤ - دوائر توصيل مولدات التيار المتغير ضغط على . . . . .
٣١٠	أسئلة مختارة عن الباب الرابع . . . . .



## الباب الخامس

### محركات التيار المتغير

الصفحة

٣١٤	١٠ مقدمة عن أنواع محركات التيار المتغير . . . . .
٣١٦	٢٠ المغناطيسية الدوراه : تعريفها - محصلة مجال تيار وجهين وثلاثة . . .
٣٢٢	أوجه . . . . .
٣٢٦	٣٠ المحركات التوافقية . . . . .
٣٢٨	١ - تركيب المحرك التوافقي . . . . .
	٢ - خواص المحرك التوافقي في تغيير زاوية الوجه بين
٣٣٠	الضغط والتيار . . . . .
٣٣١	٣ - مميزات المحرك التوافقي . . . . .
٣٣١	٤ - عيوب المحرك التوافقي . . . . .
٣٣٢	٥ - قواعد تشغيل المحرك التوافقي . . . . .
٣٣٢	٦ - الدوائر الكهربية للمحرك التوافقي . . . . .
٣٣٥	٤٠ المحركات الإستنتاجية ذات الثلاثة أوجه . . . . .
٣٣٥	١ - مقدمة للمحركات الإستنتاجية ٣ أوجه . . . . .
٣٣٧	٢ - تركيب المحرك الإستنتاجي ٣ أوجه . . . . .
٣٣٨	٣ - كيفية حدوث عزم الدوران في المحرك الإستنتاجي . . . . .
٣٣٩	٤ - الإنزلاق في المحركات الإستنتاجية . . . . .
	٥ - تحسين عزم الدوران عند البدء في محركات قفص
٣٤٢	السنجاب . . . . .
٣٤٣	٦ - الطرق المتعددة لقضبان دائرة القصر . . . . .
٣٤٥	٧ - بدء الحركة في المحركات الإستنتاجية ذات القصر
	الدائري، التوصيل المباشر - بمقاومة متغيرة - بخناق -
٣٤٦	بمحول نفسي - التوصيل $\Delta / Y$ . . . . .

- ٨ - تركيب المحرك الإستنتاجى ذو العضو الدائر الملفوف . ٣٥٢
- ٩ - بدء تشغيل وإيقاف المحركات الإستنتاجية ذات العضو الدائرى الملفوف . . . . . ٣٥٦
- ١٠ - تيار العضو الدائر . . . . . ٣٥٧
- ١١ - عزم الدوران عند بدء الحركة . . . . . ٣٥٨
- ١٢ - تغيير السرعة فى المحركات الإستنتاجية . . . . . ٣٦١
- ١٣ - المحركات ثنائية السرعة ( ذات القدرة الثابتة وعزم الدوران الثابت ) . . . . . ٣٦٣
- ١٤ - المحركات ذات السرعات المتعددة . . . . . ٣٦٤
- ١٥ - عكس الحركة فى المحركات الإستنتاجية ذات الثلاثة أوجه . . . . . ٣٦٦
- ١٦ - تغيير سرعة المحرك بتغيير تردد النبوع . . . . . ٣٦٨
- ١٧ - المحركات الإستنتاجية وجه واحد . . . . . ٣٦٩
- ١ - تركيب المحرك الإستنتاجى وجه واحد . . . . . ٣٧١
- ٢ - طرق بدء الحركة فى المحرك الإستنتاجى وجه واحد . . . . . ٣٧٣
- طريقة الملف الخائق وطريقة المكثف . . . . . ٣٧٣
- ٣ - محركات الأقطاب المظلمة . . . . . ٣٧٤
- نظرية تشغيل المحرك ذو الأقطاب المظلمة . . . . . ٣٧٥
- ٤ - محركات هيلاند . . . . . ٣٧٦
- ٥ - طريقة فصل ملفات التقويم بعد البدء أتوماتيكيا . . . . . ٣٧٧
- ٦ - مفاتيح الطرد المركزى - الحركة موازية والعمودية بالنسبة لعمود الإدارة . . . . . ٣٧٨
- ٧ - عكس الحركة فى المحركات الإستنتاجية وجه واحد . . . . . ٣٨١
- ١٨ - المحركات التنافرية . . . . . ٣٨٢
- ١ - تركيب المحرك التنافرى . . . . . ٣٨٢
- ٢ - نظرية تشغيل المحرك التنافرى . . . . . ٣٨٣

الموضوع	الصفحة
٣ - نوعى عضو التوحيد فى المحركات التنافرية	٣٨٦
(أ) عضو توحيد محورى	٣٨٦
(ب) عضو توحيد قطرى	٣٨٧
٤ - فائدة ملفات التعويض	٣٨٨
٥ - أنواع المحركات التنافرية	٣٨٨
(أ) محرك تنافرى البدء وإستنتاجى التشغيل	٣٨٩
(ب) المحركات التنافرية البدء والتشغيل	٣٩١
(ج) المحركات التنافرية الإستنتاجية معاً	٣٩٣
٦ - عكس إتجاه الدوران فى المحركات التنافرية	
٨ - محركات التوالى وجه واحد (المحركات العامة)	
١ - مميزات وعيوب محرك التوالى وجه واحد	٣٩٧
٧ - المحرك ذو عضو التوحيد وملفات التعويض	٣٩٨
٩ - المحركات المتغيرة السرعة ثلاثة أوجه ذات عضو التوحيد	٤٠٠
١ - المحرك التوالى ذو الثلاثة أوجه	٤٠٠
٢ - تركيب المحرك التوالى ذو الثلاثة أوجه	٤٠٠
٣ - نظرية تشغيله	٤٠١
٤ - إستعمالات المحرك التوالى	٤٠٢
٥ - المحرك التوازى ذو الثلاثة أوجه	٤٠٢
٦ - تركيب المحرك التوازى ذو الثلاثة أوجه	٤٠٢
٧ - نظرية تشغيله	٤٠٤
٨ - محرك شراجا	٤٠٤
(أ) تركيب محرك شراجا	٤٠٥
(ب) نظرية تشغيله وإستعماله	٤٠٦
٩ - محرك شربيس	٤٠٨
(أ) مجموعة شربيس ثابتة القدرة	٤٠٩

الموضوع	الصفحة
(ب) مجموعة شرييس ثابتة العزم . . . .	٤٠٩
(ح) إستعمالات محرك شرييس . . . .	٤١١
١٠. معدات القطع والتشغيل والوقاية للمحركات . . . .	٤١١
١ - مفاتيح التوصيل . . . . .	٤١١
٢ - مفاتيح الوقاية للمحرك والتوصيلات . . . .	٤١٢
٣ - قاطع التيار المغناطيس . . . . .	٤١٢
٤ - قاطع التيار الحرارى . . . . .	٤١٢
٥ - القواطع المغناطيسية ذاتية الحركة . . . .	٤١٣
٧ - خواص مفاتيح الوقاية للمحركات . . . .	٤١٣
٨ - بعض دوائر القواطع والمتممات . . . .	٤١٤
أستلة مختارة عن الباب الخامس . . . .	٤٢٠



## الباب السادس

### معدات تحويل التيار المتغير إلى مستمر

الصفحة	الموضوع
٤٢٦	٦ر١ مقدمة : - نسبة الطاقة للتيار المستمر إلى الطاقة للتيار المتغير -
	إستخدام التيار المستمر - أنواع المبدلات والموحدات
٤٢٧	٦ر٢ مميزات الموحدات الساكنة عن المبدلات
٤٢٨	٦ر٣ الموحدات الزئبقية وتركيبها
٤٢٩	٦ر٤ الموحدات الزئبقية ذات الوجه الواحد
٤٢٩	١ - موحد زئبقى نصف موجه
٤٣٠	٢ - تشغيل الموحد نصف الموجه
٤٣١	٦ر٥ الموحد الزئبقى للموجة الكاملة
٤٣١	١ - توصيل وتركيب الجهاز
٤٣١	٢ - نظرية التشغيل
٤٣٢	٦ر٦ الموحدات الزئبقية للموجة الكاملة بعد التحسين
٤٣٣	١ - توصيل وتركيب الجهاز
٤٣٥	٢ - نظرية التشغيل
٤٣٦	٦ر٧ الموحدات الزئبقية ذات الثلاثة أوجه
٤٣٧	٦ر٨ تبريد الموحدات الزئبقية
٤٣٨	١ - الاشتعال العكسى
٤٣٨	٢ - التبريد بواسطة الماء
٤٣٩	٣ - التبريد بواسطة الهواء
٤٤٠	٦ر٩ الطرق المختلفة لتوصيل الموحدات ذات الستة مصاعد
٤٤٢	١ - طريقة المحول ذو الستة ملفات الثانوية
٤٤٢	٢ - طريقة المحول $\Delta / Y$ مع إستعمال ملفات خائفة

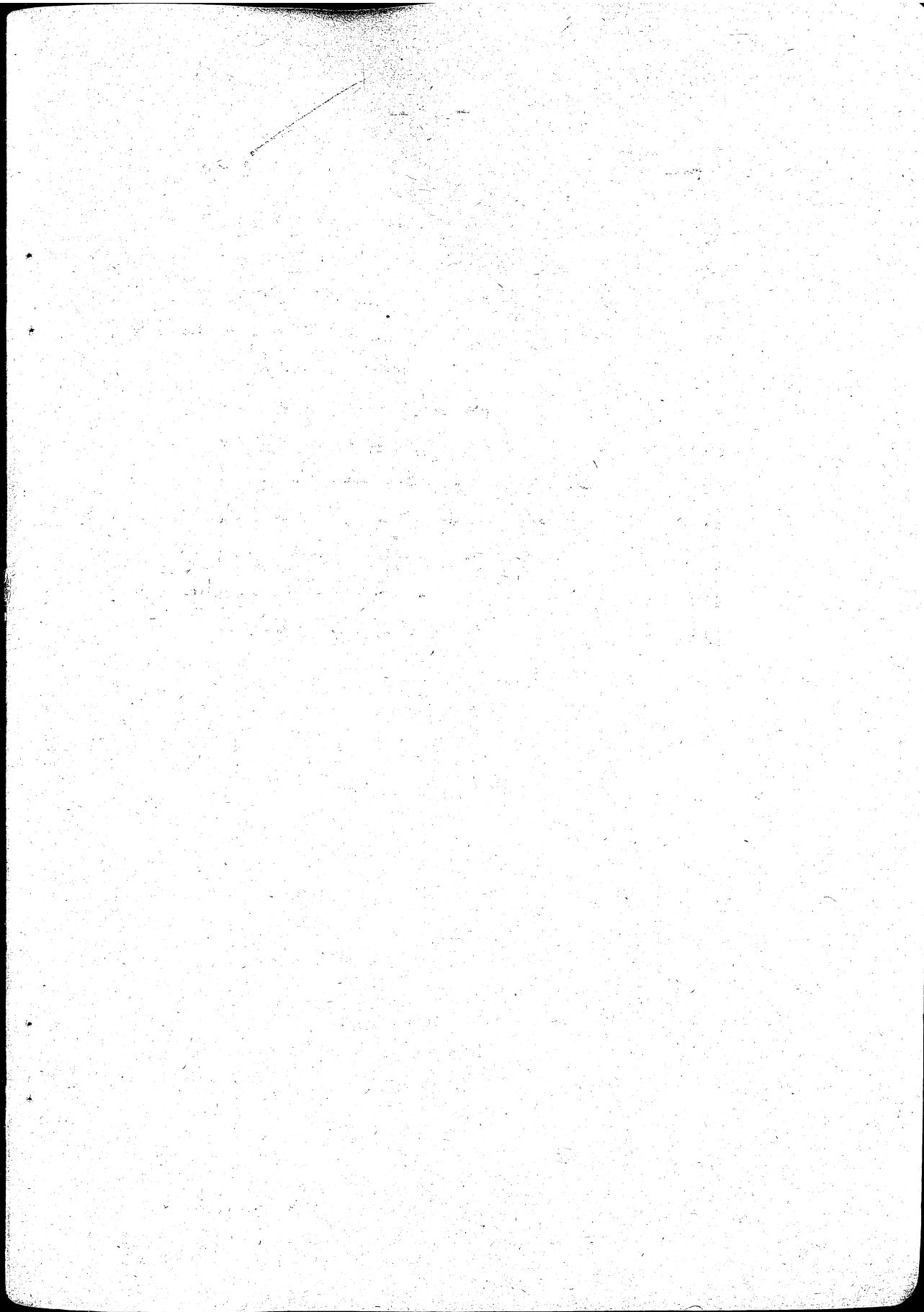
## الباب السابع

### الكشف عن أعطال آلات التيار المتغير

الموضوع	الصفحة
٧ر١ أعطال المحركات الاستنتاجية وجه واحد	٤٧٢
١ - قصر بين الملفات والأرضى	٤٧٢
٢ - دائرة مفتوحة لأحد الملفات	٤٧٢
٣ - قصر بين الملفات وبعضها	٤٧٣
٤ - توصيلات معكوسة	٤٧٤
٧ر٢ المحرك عاجز عن الحركة	٤٧٤
٢ - المحرك يدور بسرعة أقل من السرعة العادية	٤٧٥
٣ - إرتفاع درجة حرارة المحرك وهو دأئر	٤٧٥
٤ - حدوث ضوضاء عند دوران المحرك	٤٧٦
٧ر٣ الكشف عن الأعطال فى المحركات التناظرية	٤٧٦
١ - عجز المحرك عن الحركة عند البدء	٤٧٧
٢ - عدم دوران المحرك بالسرعة العادية	٤٧٧
٣ - إرتفاع حرارة المحرك	٤٧٨
٤ - حدوث ضوضاء عند دوران المحرك	٤٧٨
٥ - إنصهار المصهرات عند توصيل المحرك بالتيار	٤٧٩
٦ - المحرك يدور بسرعة أقل من العادية	٤٧٩
٧ - حدوث طنين مع عدم دوران المحرك	٤٧٩
٧ر٤ الكشف عن الأعطال فى محركات التيار المتغير ثلاثة أوجه	٤٨٠
١ - المحرك لا يدور رغم توصيله بالتيار	٤٨٠
٢ - المحرك يتبدى الحركة بانفداع	٤٨١
٣ - المحرك يدور بصعوبة	٤٨١
٤ - إحتراق المصهرات	٤٨١

الصفحة	الموضوع
٤٤٣	٣ - طريقة التوصيل بالمحول النفسى
٤٤٤	٤ - طريقة التوصيل بمحول $Y / Y$ ذو ملف التوازن
٤٤٧	٦ر١٠ تنظيم الضغط فى الموحد الزيتى
٤٥٠	٦ر١١ الموحدات الحرارية
٤٥١	٦ر١٢ نوعى المببط فى الموحدات الحرارية
٤٥٣	٦ر١٣ الموحد الحرارى نصف الموجه
٤٥٣	١ - تركيبه
٤٥٤	٢ - نظرية التشغيل
٤٥٦	٦ر١٤ دوائر التوحيد الحرارية للتيار ذو الثلاثة أوجه
٤٥٦	١ - دائرة موحد حرارى بمحول $Y / \Delta$
٤٥٦	٢ - دائرة موحد حرارى بمحول $Y / \Delta$ ذو ملف لمتزان
٤٥٧	٦ر١٥ الموحدات الصلدة ( الجافة )
٤٥٩	١ - موحدات أكسيد النحاس
٤٦١	٢ - موحدات السيلينيوم
٤٦٢	٣ - موحدات الجرمانيوم
٤٦٣	٤ - موحدات السليكون
٤٦٤	٦ر١٦ دوائر توصيل الموحدات لتيار وجه واحد
٤٦٤	١ - موحد نصف الموجه
٤٦٥	٢ - موحد الموجه الكاملة
٤٦٦	٣ - موحد موجه كاملة طريقة الكوبرى
٤٦٧	٦ر١٧ دوائر توصيل الموحدات لتيار ثلاثة أوجه
٤٦٧	١ - دائرة موحد ذو محلول $Y / \Delta$ وثلاثة موحدات
٤٦٨	٢ - دائرة موحد ذو ستة ملفات وستة موحدات
٤٦٩	٣ - دائرة موحد بمحول $Y / \Delta$ وستة موحدات
٤٧٠	أسئلة مختارة عن البساب السادس

الموضوع	صفحة
٥ - إرتفاع حرارة المحرك . . . . .	٤٨٢
٦ - إرتفاع حرارة كراسى المحور . . . . .	٤٨٢
٧ - حدوث طنين وزيادة تيار المحرك . . . . .	٤٨٣
٧٥ أعطال مولدات التيار المتغير . . . . .	٤٨٤
١ - المولد لا يعطى ضغطا . . . . .	٤٨٤
٢ - المولد يعطى ضغط أقل من المطلوب . . . . .	٤٨٥
٣ - المولد يعطى ضغط أعلى من المطلوب . . . . .	٤٨٦
٤ - عدم ثبات ضغط المولد مع ثبات سرعته وثبات الحمل . . . . .	٤٨٦
٥ - لا يقسم الحمل بالتساوى المولدات الأخرى . . . . .	٤٨٦
٦ - إرتفاع حرارة المولد . . . . .	٤٨٧
٧٦ أعطال المحولات الكهربية . . . . .	٤٨٧
أسئلة عن الباب السابع . . . . .	٤٨٩





# الباب الأول

## القسم الأول

### التيار المتغير

مقدمة :

قبل أن ندرس التيار المتغير لا بد أن نعرف خصائص هذا التيار وحتى تثبت خصائص التيار المتغير في ذهن الدارس نقارن بينه وبين التيار المستمر **Direct Current** الذى سبق دراسته في الصف السابق - فالتيار المستمر هو التيار الذى نحصل عليه من مولدات التيار المستمر أو من البطاريات أو من المراكم بأنواعها ( البطاريات الثانوية ) ومن أهم خصائصه أنه ثابت الاتجاه عند سريانه في الدائرة الكهربائية علاوة على أن القوة الدافعة الكهربائية له ثابتة المقدار كذلك وبالتالي عند ثبات مقاومة الدائرة فإن التيار المار بها يظل ثابتاً طوال زمن مروره .

أما التيار المتغير **Alternating Current** والذى يطلق عليه لفظ **A.C.** - وهو التيار المستعمل بكثرة - إذ تبلغ نسبة الطاقة الكهربائية المستهلكة في العالم على شكل تيار متغير أكثر من ٨٠٪ من مجموع الطاقة الكهربائية عموماً - وهذا التيار نحصل عليه من مولدات التيار المتغير ومن أهم خصائصه أنه متغير الاتجاه فهو لا يسرى في اتجاه ثابت في الدائرة الكهربائية بل يغير اتجاهه عدة مرات في الثانية عددها يساوى عند ترددات التيار في الثانية وذلك بسبب تغير القطبية للقوة الدافعة الكهربائية له هذا علاوة على أن القوة الدافعة الكهربائية له متغيرة القيمة وتتمتع في تغيرها منحني جيب الزاوية - كما سيأتى شرحه بالتفصيل ويتبع ذلك تغير قيمة التيار المار بالدائرة علاوة على تغير اتجاهه بها .

## ١٢١ مقارنة بين التيار المتغير والتيار المستمر

التيار المستمر	التيار المتغير
<p>١ - القوة الدافعة الكهربائية له ثابتة بالنسبة للزمن وتظل ثابتة طوال زمن مرور التيار وشكلها عبارة عن خط مستقيم الزمن.</p> <p>٢ - التيار المار بالدائرة يكون ثابت المقدار وثابت القيمة كذلك طوال زمن مروره بالدائرة طالما كانت مقاومة الدائرة ثابتة - ويتبع ذلك ثبات القطبية.</p> <p>٣ - نحصل عليه من البطاريات ومن مولدات التيار المستمر التي تحتوي على عضو توحيد.</p> <p>٤ - يولد هذا التيار في ملفات المنتج الذي تتصل أطرافه إلى قطاعات عضو التوحيد ومنها إلى الفرش الثابتة ونحصل على تيار واحد وموحد وثابت القيمة.</p> <p>٥ - لا يمكن تحويله بالطرق البسيطة بل يلزم عند تحويله طرق معقدة كأن يقطع ثم يحول - أو تستخدم لذلك محولات دائرة ذات تكاليف باهظة.</p>	<p>١ - القوة الدافعة الكهربائية له متغيرة وتتبع في تغيرها منحني جيب الزاوية وتكون على شكل منحني جيب كما بالشكل ١ - ٣</p> <p>٢ - بسبب تغير القوة الدافعة الكهربائية - فإن التيار المار بالدائرة يكون متغيراً كذلك في المقدار وفي الاتجاه ويتبع ذلك عدم ثبات القطبية</p> <p>٣ - نحصل عليه من مولدات التيار المتغير التي لا تحتوي على وسيلة للتوحيد (عضو توحيد).</p> <p>٤ - يمكن توليد هذا التيار في دائرة واحدة أو عدة دوائر ولذلك نحصل على تيار ذو وجه واحد أو عدة أوجه (ثلاثة أوجه مثلاً)</p> <p>٥ - يمكن تحويل التيار المتغير برفع أو خفض فرق الجهد له بواسطة المحولات الكهربائية.</p>

التيار المتغير	التيار المستمر
٦ - يمكن تحويل التيار المتغير إلى تيار مستمر بطرق متعددة وسهلة التكليف .	٦ - يصعب تحويل التيار المستمر إلا بطرق معقدة
٧ - بسبب سهولة تحويل التيار المتغير يمكن نقل الطاقة الكهربائية إلى مسافات بعيدة كما في السد العالي .	٧ - صعوبة تحويل التيار المستمر ترتب عليه صعوبة نقله إلى مسافات بعيدة .

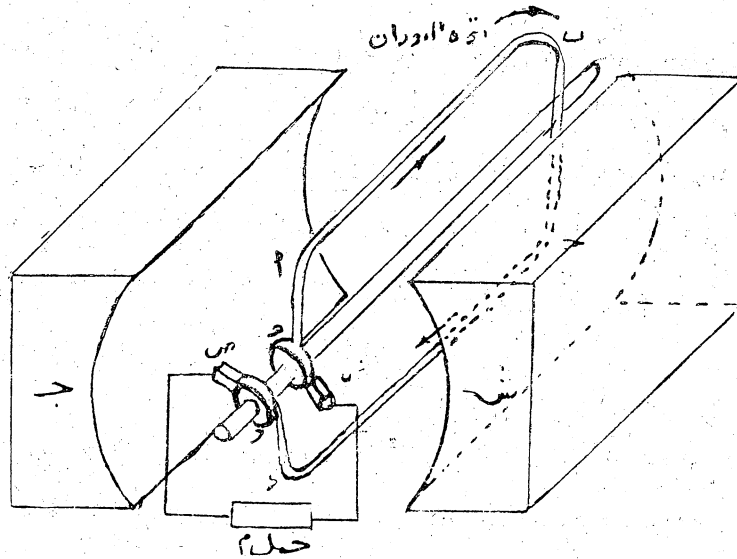
ونشاهد من المقارنة السابقة لماذا نفضل التيار المتغير على التيار المستمر في توليده وتحويله ونقله وعند استهلاكه - وعندما يراد استخدام التيار المستمر في أغراض خاصة كما في السنترالات ومحطات الإرسال اللاسلكية أو التحليلات الكيميائية الكهربائية أو بعض الأغراض الطبية أو في عمليات الطلاء الكهربائية فيمكن بسهولة تحويل التيار المتغير إلى تيار مستمر بحسب الحالة المطلوبة .

### ١٢ طرق توليد التيار المتغير :

كما سبق القول أن معظم الطاقة المستهلكة في العالم تكون على شكل تيار متغير - والطريقة المتبعة في توليده حتى الآن هي الطريقة التقليدية المستخدم فيها المولد الكهربائي المبني على نظرية فاراداي وإن كان المستقبل ينبغي لنا بأن هناك طرقاً أخرى لتوليد الطاقة الكهربائية بخلاف هذه الطريقة ولكن حتى الآن تعتبر هذه الطرق كما في المولدات الذرية أكثر تكلفة من المولدات الحالية والبحث جارٍ نحو تقليل التكاليف ، في مثل هذه الطرق .

وسنشرح الآن طريقة توليد التيار المتغير باستخدام نظرية فاراداي القائلة :

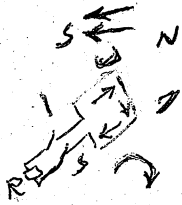
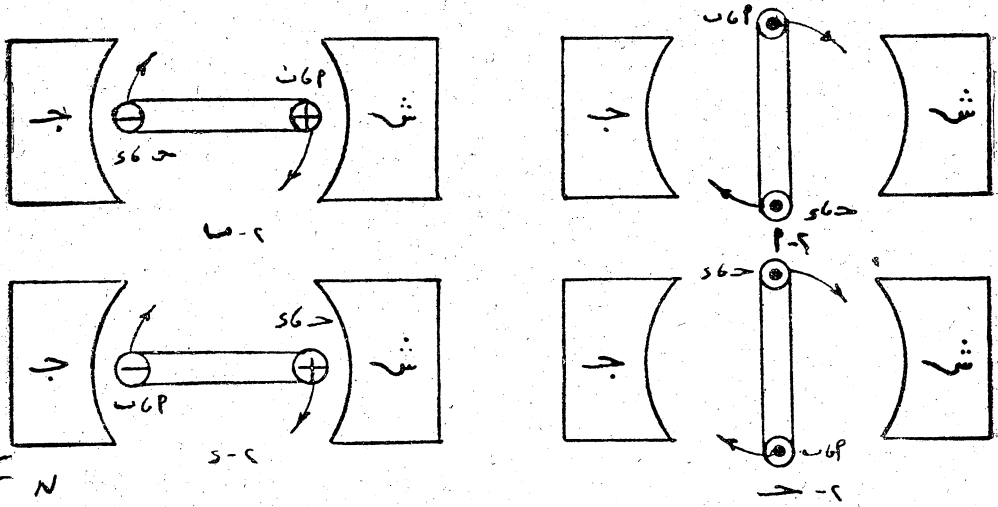
إذا قطع موصل مجال مغناطيس بالتعامد عليه - أو قطعه المجال - فإنه يتولد على طرفي الموصل قوة دافعة كهربائية ولكي يتم القطع بين الموصل والمجال المغناطيس لابد من تحريك أحدهما - أى الموصل أو المجال المغناطيسى وثبات الآخر وفى شكل ١ - ١ يبين تطبيق مبسط لهذه النظرية - فإذا كان لدينا لفة من السلك على شكل مستطيل جانبيها  $ab$ ،  $cd$  ومثبتة على عمود إدارة ومثبت من الأمام حلقتين من النحاس  $هـ$ ،  $و$  معزولتين عن محور الإدارة - ويلحمن بهما الطرفين  $a$ ،  $c$  ويرتكز عليهما فرششتين  $س$   $ص$  لتوصيل طرفي المستطيل بالدائرة الخارجية - مع السماح بحرية دوران الموصل وتتصل الفرشتان  $س$ ،  $ص$  بمقاومة حمل  $م$  (الدائرة الخارجية) فعند دوران الموصل فى اتجاه عقارب الساعة يتحرك الجانب



شكل ١/١ موصل على شكل مستطيل يدور فى اتجاه عقارب الساعة بين قطبين مغناطيسيين

$ab$  من أعلى إلى أسفل والجانب  $cd$  يتحرك من أسفل إلى أعلى - ومعنى هذا بحسب النظرية السابقة أن يتولد على طرفي اللفة  $ab$   $cd$   $ص$   $س$  .  $ل$  يمكن تعيين اتجاه التيار المار بها بتطبيق قاعدة فلمنج لليد اليمنى. وذلك عند توصيل المقاومة  $م$  بالفرشتين  $س$ ،  $ص$  ولتوضيح الأوضاع المختلفة للموصل بالنسبة للمجال المغناطيسى

نجميع الشكل ١ - ٢ - ١ ، ب ، ح ، و في الشكل ١ - ٢ - ١ يكون الموصل في وضع



شكل ١/٢ الموصل موازى لخطوط المغناطيسية - ق . س . ك . المتولدة صفر  
 شكل ١/٢ ب الموصل عمودى على الخطوط المغناطيسية - ق . س . ك . المتولدة نهاية عظمى  
 شكل ١/٢ ح الموصل موازى لخطوط المغناطيسية - ق . س . ك . المتولدة صفر  
 شكل ١/٢ و الموصل عمودى على الخطوط المغناطيسية - ق . س . ك . المتولدة نهاية عظمى

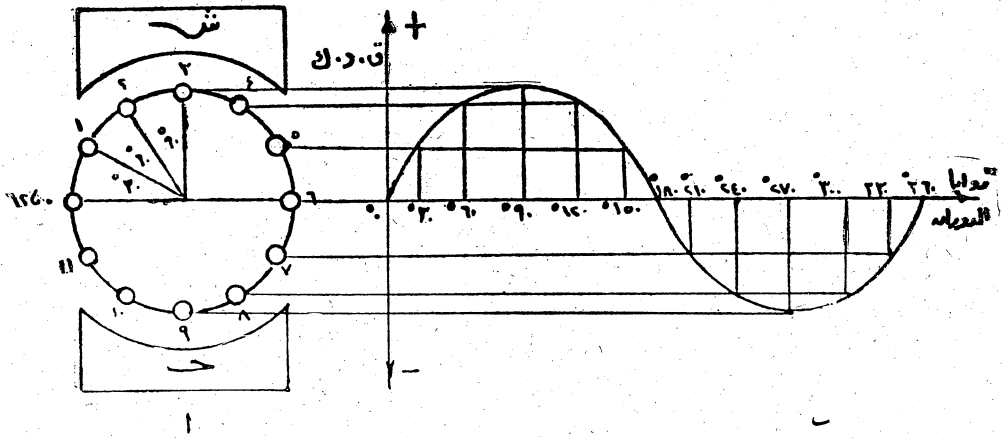
موازى لخطوط القوى المغناطيسية . أى أن الـ ب . س . ك . المتولدة في لفة السلك تكون صفراً - وعند دوران اللفة ٩٠° يتحرك الجانب ا ب من أعلى إلى أسفل والجانب ح و يتحرك من أسفل إلى أعلى ويقطع كل منهم المجال المغناطيسى قطعاً متزايداً إلى أن يصبح ضلعي لفة السلك عمودياً على خطوط القوى المغناطيسية -

وبذلك تصل الـ ب . س . ك . إلى أقصى قيمة لها - ويحمل الموصل ا ب تيار مبتعد عن الناظر + والموصل ح و يحمل تيار يقترب إلى الناظر - وعند دوران الموصل من الوضع ١ - ٢ - ب إلى ١ - ٢ - ح ٩٠° ثانية فإن الجانب ا ب يتحرك من أعلى إلى أسفل والجانب ح و يتحرك من أسفل إلى أعلى ويقطع كل منهم المجال المغناطيسى قطعاً متناقصاً إلى أن يصبح ضلعي لفة السلك موازياً لخطوط القوى المغناطيسية كما في الوضع ا - ٢ - ح وبذلك تصل القوة الدافعة الكهربائية

إلى الصفر حيث لا يوجد قطع بين الموصل وخطوط القوى المغناطيسية - وعند حركة الموصل  $90^\circ$  ثالثة أى من الوضع ٢ - ح إلى الوضع ٢ - س يتغير اتجاه حركة جانبي الموصل حيث يتحرك الجانب اب من أسفل إلى أعلى والجانب ح س يتحرك من أعلى إلى أسفل - وهذا الوضع عكس ما كان في الوضع ٢ - ا ومعنى هذا أن اتجاه التيار يبدأ في التغير وبصبح الموصل ا ب حاملا للتيار السالب ميمتد عن الناظر - ويصبح الموصل ح س حاملا لتيار متغير ب إلى الناظر + وبعد  $90^\circ$  رابعة يرجع الموصل إلى الوضع ٢ - ا وبذلك يكون الموصل قد أتم دورة كاملة مقدارها  $90^\circ \times 4$  أى  $360^\circ$  - لينبدأ دورة ثانية .

ويتضح أن شدة التيار المتولدة في لفة السلك تتغير دائماً بتغير وضع الموصل بالنسبة للمجال المغناطيسي وكذلك بالنسبة لإتجاه القطع بين الموصل والمجال .

وشكل ٣-١، ب يبين العلاقة بين زوايا الدوران للموصل والـ س . د



شكل ٣/١ (أ) أوضاع الموصل المختلفة عند دورانه بين قطبين مغناطيسيين س ، ح

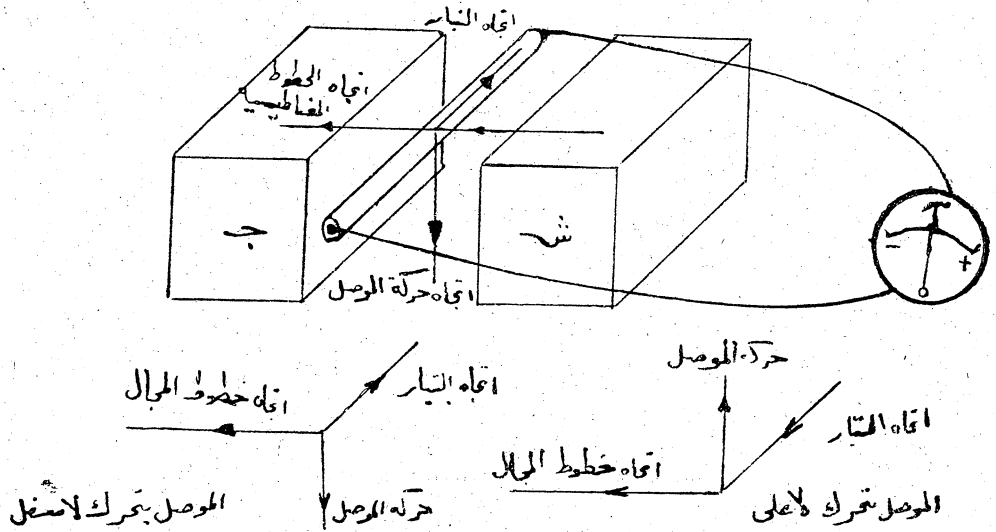
شكل ٣/١ (ب) العلاقة بين القوة الدافعة الكهربائية المتولدة وزوايا الدوران للموصل

المتولدة به بحيث يمثل الإحداث الأفقي زوايا الدوران والإحداث الرأسى يمثل مقدار

الـ هـ . س . لـ المتولدة وإتجاهها وفي شكل ٤- ب يبين وضع الموصل وزوايا الدوران له من صفر إلى  $360^\circ$  ويلاحظ أن قيمة الـ هـ . س . لـ المتولدة تكون متغيرة وتتبع في تغييرها منحنى جيب الزاوية ولذلك يقال أن التيار المتغير يتبع في تغييره منحنى جيب الزاوية .

### ١٣ حساب القوة الرافعة الكهربائية المتولدة :

عند تحرك موصل ا ب بين قطبين مغناطيسيين من أعلى إلى أسفل كما في شكل ١- ٤ بشرط أن يكون الموصل عمودياً على خطوط القوة المغناطيسية . وكأنا طرفا الموصل متصلين بجلفانومتر فإن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الموصل تسبب مرور تيار في الجلفانومتر وينحرف المؤشر في الاتجاه الموجب لأن التيار في الموصل مبتعد عن النظر ويوضح ذلك شكل ١- ٤ ب بحسب



شكل ١/ ٤ يبين موصل يتحرك بين قطبين مغناطيسيين ومتصل طرفاه بجلفانومتر والرسم أسفل يبين لإتجاه التيار المتولدة عند حركة الموصل إلى أعلى ثم لإتجاه التيار عند حركة الموصل إلى أسفل

نظرية فلننج لليد اليمنى التي تربط العلاقة بين اتجاه خطوط المجال واتجاه حركة الموصل واتجاه التيار فيه أما إذا تحرك الموصل من أسفل إلى أعلى فإن التيار

المتولد المار في الموصل يكون عكس الحالة السابقة أى يكون مقترباً إلى الناظر ولذلك يتحرك مؤشر الجلفانومتر في الاتجاه المضاد للحالة السابقة .

وتتوقف قيمة القوة الدافعة الكهربائية المتولدة على طرق الموصل على ثلاثة عوامل وهى :-

( ١ ) عدد خطوط المجال التى يقطعها الموصل ( كثافة المجال المغناطيسى  
خط / سم<sup>٢</sup> ) .

( ب ) سرعة حركة الموصل ( سرعة القطع سم / ث ) .

( ج ) طول الموصل بالسم .

ولكى نستطيع أن نقدر هذه الطاقة المغناطيسية بالوحدات الكهربائية حيث أن ال . س . ل . المتولدة تقاس بالفولت وحيث أن ١ فولت يتولد من تدفق مغناطيس مقداره ٨١٠ خط في الثانية .

$$\therefore \text{ل . س . ل . المتولدة} = \frac{\text{ث} \times \text{ل} \times \text{ع}}{٨١٠} \text{ فولت}$$

حيث ث الكثافة المغناطيسية بالجوس خط / سم<sup>٢</sup>

ل طول الموصل بالسم .

ع سرعة حركة الموصل ( سرعة القطع ) سم / ثانية

$$\therefore \text{ل . س . ل . المتولدة} = \frac{\text{ث} \times \text{ل} \times \text{ع}}{٨١٠} \text{ فولت}$$

مثال :

أوجد قيمة ل . س . ل . المتولدة في موصل طوله ٥٠ سم يتحرك بسرعة ١٠ متر / ثانية في مجال مغناطيس كثافته ١٢٠٠٠ جوس ( خط / سم<sup>٢</sup> ) .



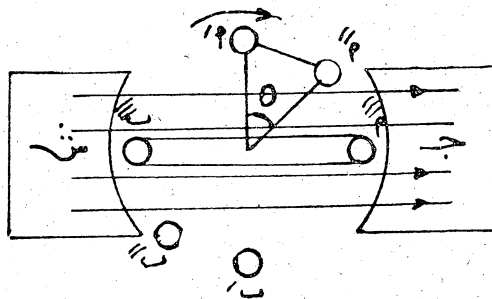
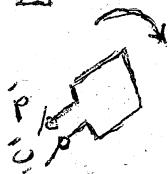
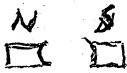
الحل :

$$ن . س . ل . ع . المقولدة = \frac{ث \times ل \times ع}{١٠}$$

$$٦ فولت = \frac{١٠٠ \times ١٠ \times ٥٠ \times ١٢٠٠٠}{١٠}$$

وكما هو واضح من شكل ٤ أن حركة الموصل عبارة عن حركة ترددية من أعلى إلى أسفل وبالعكس - وهذه الحركة لا تتفق مع الحياة العملية - بل ماهو متبع في الحياة العملية هو دوران الموصلات داخل المجال المغناطيسي - وبذلك لا تكون الموصلات في حالة تعامد دائماً مع الخطوط المغناطيسية بل تختلف زاوية القطع بحسب وضع الموصل في محيط الدائرة بالنسبة للخطوط المغناطيسية - ولذلك فإن الـ ن . س . ل . ع . المقولدة تكون على شكل منحني جيبي كما سبق القول .

عند تحرك موصل على شكل مستطيل ضلعيه ا ب حركة دائرية بين قطبين مغناطيسيين فإن القوة الدافعة الكهربائية المولدة في الضلعين يكون اتجاهها بحيث تساعد كل منهما الأخرى وواضح أنه في اللحظة التي تكون فيها لفه السلك في الوضع ا ب كما في شكل ١ - ٥ يكون معدل قطع الخطوط المغناطيسية أكبر ما يمكن وتكون القوة الدافعة الكهربائية المولدة نهاية عظمى ومقدارها صـء في كل من ضلعي لفه السلك ا ب



شكل ١/٥ موصل على شكل مستطيل ضلعيه ا ب يدور بين قطبين مغناطيسيين

$$\therefore \text{صء} = \frac{\theta \times l \times c}{810} \text{ فولت}$$

∴ صء في ضامى لفة السلك :-

$$\text{صء} = \frac{2 \theta l c}{810} \text{ فولت}$$

وعندما تكون اللفة في أى وضع آخر يميل بزاوية  $\theta$  على الاتجاه المتعامد على خطوط القوة المغناطيسية كما هو مبين في الوضع أ ب في شكل ٥ فإن القوة

$$\text{الدافعة الكهربية في كل جانب} = \frac{\theta l c}{810} \text{ فولت}$$

$$\therefore \text{صء في جانبي الملف} = 2 \theta l c \times 10^{-8} \text{ فولت}$$

وعندما تكون اللفة في الوضع أ ب يكون معدل قطع الخطوط صفراً وعلى ذلك تكون  $\theta = 0$  . ل . س . ك . المتولدة صفر وهذا يتفق مع المعادلة السابقة إذ أن  $\theta = 0$  صفر — أما في وضع تعامد الموصل مع الخطوط المغناطيسية أى في الوضع أ ب تكون  $\theta = 90^\circ$  وفي هذه الحالة تكون القوة الدافعة الكهربية نهاية عظمى .

ومعنى هذا أن القوة الدافعة الكهربية المتولدة في لفة سلك تتبع منحني جيب الزاوية إذ تبدأ بالصفر عندما تكون الزاوية  $\theta = 0$  صفر وتزداد تدريجياً كلما تحركت لفة السلك لتقطع خطوط القوى المغناطيسية وتبلغ نهايتها العظمى عندما تكون  $\theta = 90^\circ$

والجدول الآتى بوضوح قيمة كل من  $\theta$  . س . ك في زوايا الدوران المختلفة من ١ - ١٢ أى من صفر إلى  $360^\circ$  كما هو واضح في شكل ١ - ٣ - ١ ب .  
 $\theta$  . س . ك في موصل يتحرك بين قطبين مغناطيسيين دوره كاملة وقيمة  
 $\theta$  . س . ك في كل وضع من صفر إلى  $360^\circ$  .

أوضاع الموصل المختلفة	الزاوية بين الموصل والخطوط المغناطيسية	جيب الزاوية $\theta$	النتيجة
صفر	صفر	صفر	
١	$30^\circ$	$0,500$	من هذه القيم المختلفة التي تحددها أوضاع الموصل بالنسبة للخطوط المغناطيسية يظهر أن قيمة القوة الدافعة الكهربائية يكون متغيراً ويتبع في تغيره منحى جيب لزاوية كما هو واضح بالرسم شكل ١ - ٣
٢	$60^\circ$	$0,866$	
٣	$90^\circ$	$1,000$	
٤	$120^\circ$	$0,866$	
٥	$150^\circ$	$0,500$	
٦	$180^\circ$	صفر	
٧	$210^\circ$	$0,500$	
٨	$240^\circ$	$0,866$	
٩	$270^\circ$	$1,000$	
١٠	$300^\circ$	$0,866$	
١١	$330^\circ$	$0,500$	
١٢	$360^\circ$ أو صفر	صفر	

## ١٤ التردد Frequency

عند دوران موصل على شكل مستطيل دورة ميكانيكية مقدارها  $360^\circ$  فإنه يتولد على طرفي الموصل موجة جيبيه واحدة تسمى ذبذبة أو دورة كهربائية - ومقدار الذبذبات التي تتولد في الموصل (أو عدة موصلات) في ثانية واحدة يسمى تردد التيار في الثانية الواحدة - وهذا يعتبر أحد خصائص التيار المتغير حيث يمكن تمييزه بعدد الترددات في الثانية - ويمكن تسميتها بعدد الذبذبات أو عدد الدورات الكهربائية فإذا قيل أن تردد التيار ٥٠ ذبذبة في الثانية يفهم من ذلك أن عدد

الموجات الكاملة له في الثانية الواحدة ٥٠ ذبذبة أو ٥٠ دوره - ويكون زمن الذبذبة الواحدة  $\frac{1}{50}$  من الثانية - ولكي تحدد خصائص التيار المتغير يلزم ذكر رده علاوة على قيمة الضغط وعدد الأوجه له .

$$\therefore \text{القيمة الزمنية للتردد الواحد} = \frac{1}{\text{ت}} \therefore \text{ز} = \frac{1}{\text{ت}} \text{ ث} = \frac{1}{\text{ز}}$$

### ١٥ العلاقة بين التردد وسرعة الدوران وعدد الأقطاب :

إذا اعتبرنا الملف الموجود بشكل ١ - ٦ جانبي ملف ١ ٦ خطوة اللف لها تساوى خطوة قطبية ويتحرك هذا الملف حركة دائرية - فإن القوة الدافعة الكهربائية التي تتولد في كل من ضلعي الملف عند دورانه دورة كاملة مقدارها ٣٦٠° تصل إلى نهايتها العظمى أربعة مرات إثنان منها موجبة وإثنان سالبة - ومعنى هذا إننا نحصل على موجتين كاملتين ( أى ذبذبتين ) وذلك عند دوران الملف دورة ميكانيكية مقدارها ٣٦٠° كما هو واضح في شكل ١ - ٧ كذلك لو اعتبرنا أن هناك ستة أقطاب بدلا من أربعة أقطاب فإننا نحصل على ثلاثة موجات كاملة عند دوران الملف دورة كاملة وإذا تكرر عدد الدورات - فإن عدد الذبذبات يتضاعف - ونستنتج من ذلك :

$$\text{عدد الذبذبات في الثانية ( التردد )} = \frac{\text{عدد الأقطاب}}{2} \times \text{عدد الدورات في الثانية}$$

وإذا كانت سرعة الدوران في الدقيقة فيؤول القانون السابق إلى ما يأتي :

$$\text{عدد الذبذبات / ثانية} = \frac{\text{عدد الأقطاب}}{2} \times \frac{\text{عدد الدورات / دقيقة}}{60}$$

وتقاس عدد الترددات في الثانية بجهاز يسمى جهاز قياس التردد Frequency Meter فإذا رمزنا لعدد الذبذبات/ثانية (أى تردد التيار) بالرمز ت.

و عدد الأقطاب بالرمز ن

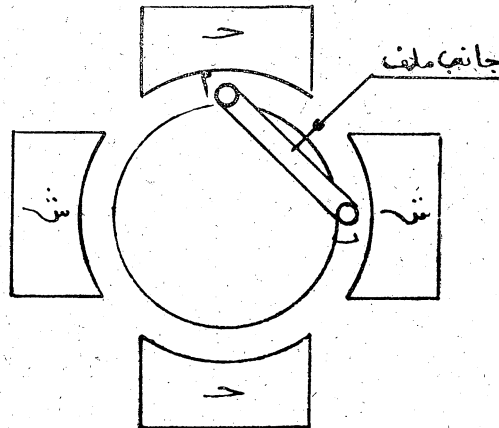
و عدد الدورات/دقيقة أى سرعة الدوران بالرمز و

$$ت = \frac{و}{٦٠} \times \frac{ن}{٢} \quad \text{تردد / ثانية}$$

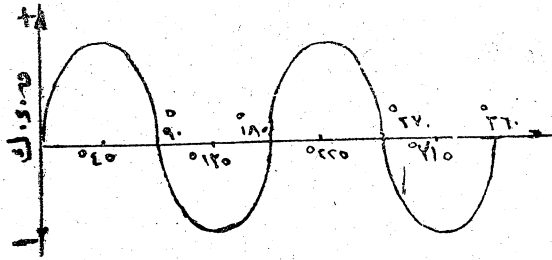
أى أن تردد التيار الذى نحصل عليه من مولدات التيار المتغير يتوقف على عدد الأقطاب وعلى سرعة المولد - فإذا حددت السرعة والتردد لمولد يمكن إيجاد عدد الأقطاب حسب الآتى :

$$ن = \frac{ت \times ٦٠ \times ٢}{و} \quad \text{قطب .}$$

وعند تصميم مولدات التيار المتغير لا يد أن يوضع في الاعتبار سرعة الآلة المديرة وكذلك عدد الأقطاب إذا كان المطلوب الحصول على تيار ذو تردد ثابت وهو غالباً يكون ٥٠ ذبذبة/ث كما هو حادث في جمهورية مصر العربية .



شكل ٦/١ ملف خطوته تساوى خطوة قطبية يدور بين أربعة أقطاب دورة كاملة ٥٠٣٦٠



٧/١ موجتين كاملتين للقوة الدافعة الكهربائية التي نحصل عليها نتيجة دوران الملف بين أربعة أقطاب دورة كاملة

مثال ١ :-

أوجد التردد لمولد تيار متغير عدد أقطابه ٤ قطب وسرعة دورانه في الدقيقة ١٥٠٠ لفة .

الحل :

$$T = \frac{P}{60} \times \frac{V}{2}$$

$$= \frac{1500}{60} \times \frac{4}{2} = 50 \text{ ذبذبة/ثانية .}$$

مثال ٢ :-

أوجد سرعة مولد تيار متغير تردده ٥٠ ذبذبة/ثانية وعدد أقطابه ٦ قطب .

الحل :

$$T = \frac{P}{60} \times \frac{V}{2}$$

$$V = \frac{6 \times 2 \times T}{2}$$

$$= \frac{60 \times 2 \times 50}{6} = 1000 \text{ لفة/دقيقة .}$$

والجدول الآتي يبين العلاقة بين عدد الأقطاب وسرعة مولدات التيار المتغير لقيمة مختلفة من تردد التيار وهو ٢٥ ، ٤٠ ، ٥٠ ، ٦٠ ، ١٠٠ ذبذبة/ث .

٢٠	١٦	١٣	١٠	٨	٦	٤	٢	عدد الأقطاب
١٥٠	١٨٧,٥	٢٥٠,٥	٣٠٠	٣٧٥	٥٠٠	٧٥٠	١٥٠٠	السرعة عند تردد ٢٥ ذبذبة/ث
٢٤٠	٣٠٠	٤٠٠	٤٨٠	٦٠٠	٨٠٠	١٢٠٠	٢٤٠٠	» » » ٤٠ » » »
٣٠٠	٣٧٥	٥٠٠	٦٠٠	٧٥٠	١٠٠٠	١٥٠٠	٣٠٠٠	» » » ٥٠ » » »
٣٦٠	٤٥٠	٦٠٠	٧٢٠	٩٠٠	١٢٠٠	١٨٠٠	٣٦٠٠	» » » ٦٠ » » »
٦٠٠	٧٥٠	١٠٠٠	١٢٠٠	١٥٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٦٠٠٠	» » » ١٠٠ » » »

## ١٦ القيمة الفعالة للضغط والتيار المتغير :

كما سبق نعلم أن الضغط للتيار المتغير يتبع منحنى جيب الزاوية - وكذلك التيار ولا يمكن تحديد قيمة كل منهم على أساس قياس القيمة العظمى لهما . ولكن القيمة الفعالة لكل من الضغط والتيار لكمية متغيرة ذات منحنى جيبى يمكن تحديدها بقيمة الكمية المستمرة التى تحدث نفس متوسط التغير الذى يقدر بحاصل ضرب مربع شدة التيار  $\times$  المقاومة  $=$   $\text{سم}^2$  وعلى ذلك فإذا كانت  $\text{سم}^2$  تمثل كلا من القيمة الفعالة للتيار المتغير والتيار المستمر يكون : -

$$\text{سم}^2 = \int_z^Z \frac{1}{z} \text{سم}^2 \times d(z)$$

$$\therefore \text{سم} = \int_z^Z \frac{1}{z} \text{سم}^2 \times d(z)$$

وكما يتضح من المعادلة السابقة فإن القيمة الفعالة هى جذر متوسط مربع التيار . وهذه القيمة الفعالة للتيار أو الضغط هى القيمة التى تسجلها أجهزة قياس التيار أو الضغط على الترتيب والقيمة الفعالة تساوى ٠.٧٠٧ من النهاية العظمى للمنحنى الجيبى ويمكن الحصول على القيمة الفعالة للضغط المتغير بنفس الطريقة السابقة - فتكون العلاقة : -

$$\text{سم} = \int_z^Z \frac{1}{z} \text{سم}^2 \times d(z)$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707 \quad \text{أى أن } \text{سم} \text{ فعالة} = 0,707 \text{ سم} \quad \text{سم} \text{ فعالة} = 0,707 \text{ سم}$$

## ١٧ القيمة المتوسطة للضغط والتيار المتغير :

القيمة المتوسطة لكمية على شكل منحنى جيبى هى متوسط القيم خلال



دورة زمنية واحدة وكما سبق فإن القيمة المتوسطة تعتمد في قيمتها على التغيرات التي تحدث في الوجه وهي كما في الشكل ١ - ٨ عبارة عن الإرتفاع المتوسط لموجة التيار أو الإرتفاع المتوسط لموجة الضغط وتقدر رياضياً بارتفاع المستطيل الذي تساوى ومساحته مساحة المنحنى الجيبي .

$$\therefore \text{القيمة المتوسطة للتيار والضغط} = \frac{2}{\pi} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \text{القيمة الفعالة}$$

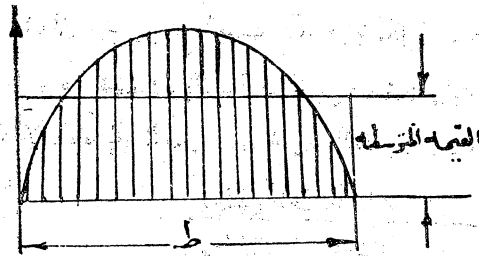
$$= \frac{2}{\pi} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \text{القيمة المتوسطة}$$

$$3,14 = 1,41$$

$$= 0,637 \text{ من النهاية العظمى}$$

$$\text{أي أن القيمة الفعالة} = 0,707 \text{ من القيمة العظمى} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\text{القيمة المتوسطة} = 0,637 \text{ » » »}$$



والعلاقة التي تربط القيمة الفعالة للتيار أو الضغط المتغير مع القيمة المتوسطة لها تسمى معامل شكل الموجة الجيبية .

١٨ معامل الشكل :

٨/١ شكل : منحني جيب يمثل موجة التيار أو الضغط فيه القيمة المتوسطة تساوى إرتفاع المستطيل المساوى له في المساحة والمتحد معه في طول نصف الموجة .

ويسمى معامل التكوين للموجة الجيبية وهو يساوى

خارج قسمة القيمة الفعالة للموجة الجيبية بالنسبة للتيار أو الضغط مقسوما على القيمة المتوسطة لها .

$$\text{أي أن معامل الشكل} = \frac{\text{القيمة الفعالة}}{\text{القيمة المتوسطة}} = \frac{0,707}{0,637} = 1,11$$

(٣ م - الكهربية)

نسبة القيمة الفعالة لكل وجه سطر ، معامل الشكل

أى أن معامل الشكل للموجة الجيبية = ١.١

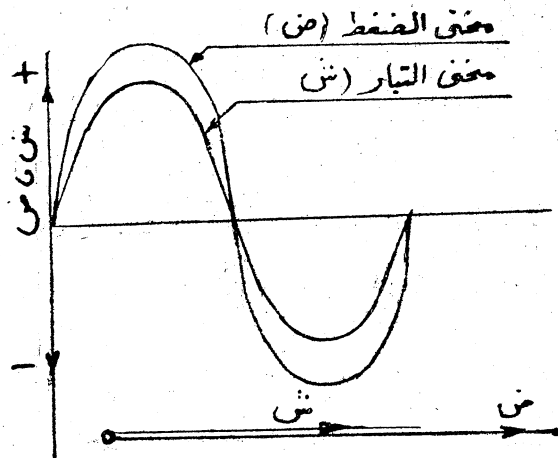
١٩ زاوية الوجه :

تعرف زاوية الوجه لكميات متغيرة جيبية بأنها الجزء من الدورة الزمنية أو الدورة التي تقدمت أو تأخرت فيها الكمية عن نقطة بدء مختارة - فمثلا زاوية الوجه للموجة الجيبية عند النهاية العظمى تساوى  $90^\circ$  ستينية أو تساوى  $\frac{\pi}{2}$  زوايا نصف قطرية .

وهناك عبارات لها علاقة بالوجه لكميات متغيرة تعرف كالآتى :

(١) إتفاق وجهى :

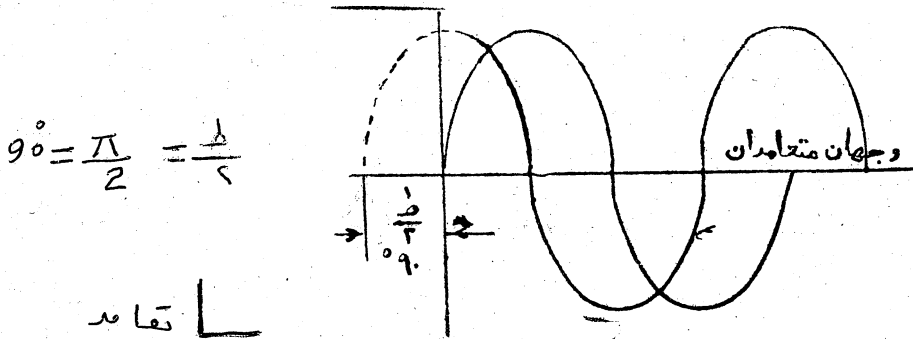
وفىها يكون الفرق فى الوجه بين كميتين متغيرتين جيبيتين يساوى صفراً ويقال أن الكميتين فى إتفاق وجهى ومعنى هذا أن الكميتين يصلان إلى الصفر فى زمن واحد ويصلان كذلك إلى النهاية العظمى فى زمن واحد - فمثلا إذا كان التيار فى إتفاق وجهى مع الضغط كما فى شكل ١-٩ فإنه يرسم موجة التيار منطبقاً مع موجة الضغط وبالنسبة لكميتى الضغط والتيار التى على شكل منحنى جيبى تصلان معاً إلى الصفر وإلى القيمة العظمى فى وقت واحد .



شكل ٩/١ حالة توافق بين التيار والضغط

## (ب) الوجه المتعامد :

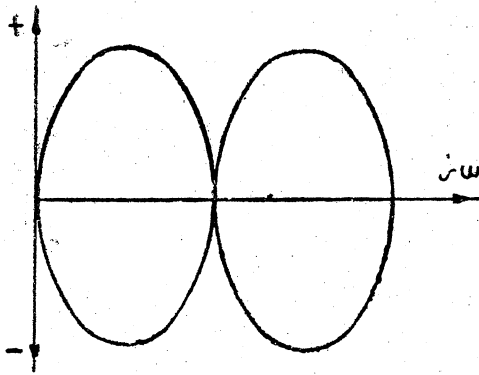
وفي هذه الحالة يكون الفرق في الوجه بين كميتين جيبيتين يساوي  $\frac{\pi}{2}$  زوايا نصف قطرية أو  $90^\circ$  زوايا ستينية كما في شكل ١٠ - ١ .



شكل ١٠/١ وجه متعامد مع آخر

## (ج) الوجه المعكوس :

وفي هذه الحالة يكون الفرق في الوجه بين كميتين جيبيتين يساوي  $\pi$  زوايا نصف أى  $180^\circ$  ستينية .



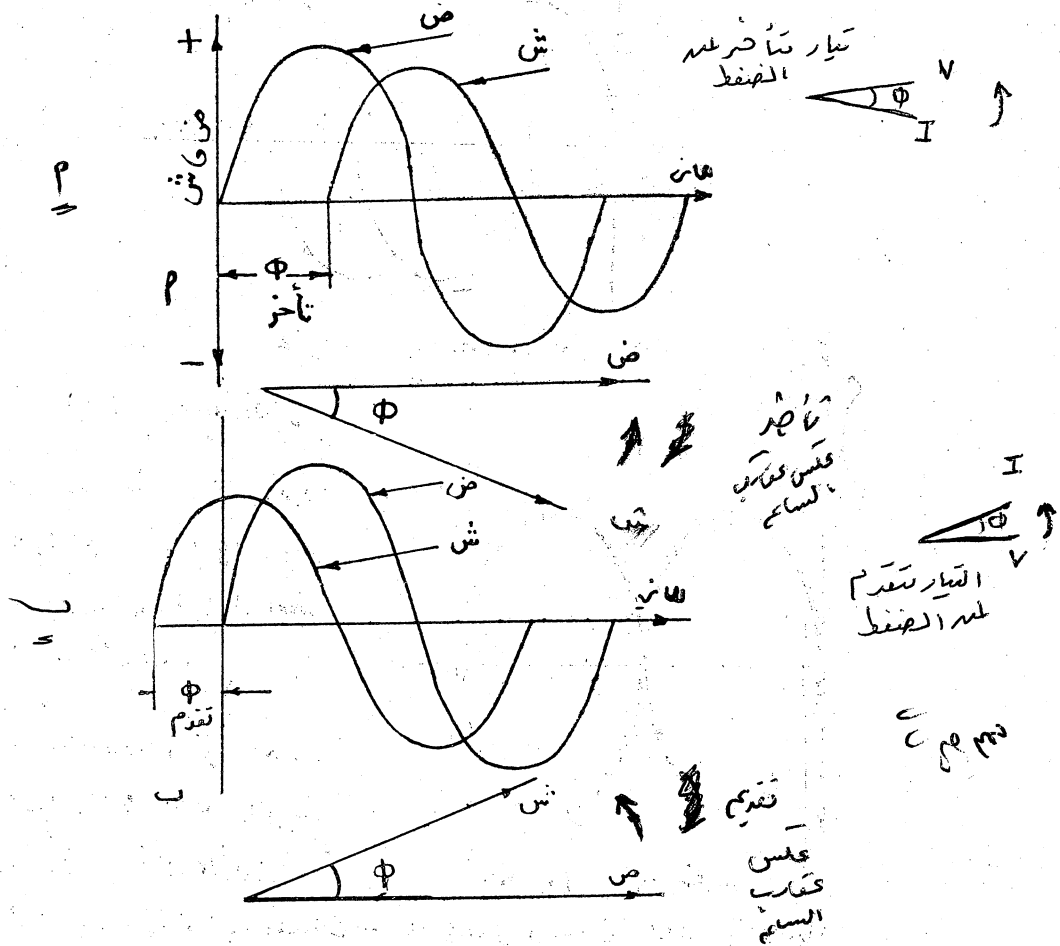
شكل ١١/١ وجه معكوس

أى عندما يكون أحد الكميات في الاتجاه الموجب تكون الكمية الأخرى في الاتجاه السالب ولو أنهما ينطبقان معاً عند الصفر ويصلان كذلك إلى النهاية العظمى في وقت واحد ولكن يكونان في اتجاه مضاد كما في شكل ١١ - ١ .

## (د) زوايا التقدم أو التأخر :

قد اتفق على تثبيت كمية الضغط ثم تنسب كمية التيار بالنسبة للضغط فيقال أن

التيار متقدماً أو متأخراً عن الضغط ومعنى هذا أن الكمية المتغيرة للتيار تقارن مع كيه الضغط أما أن تكون متقدمة عليها أو متأخرة عنها كما يوضح ذلك شكل ١ - ١٢ - ١ ومنه التيار متأخراً عن الضغط بزاوية معلومة مقدارها  $\phi$  - وكذلك ١ - ١٢ - ٢ وفيه التيار متقدماً على الضغط بزاوية مقدارها  $\phi$  .



شكل ١ - ١٢ - ١ التيار متأخراً عن الضغط بزاوية  $\phi$

شكل ١ - ١٢ - ٢ التيار متقدماً على الضغط بزاوية  $\phi$

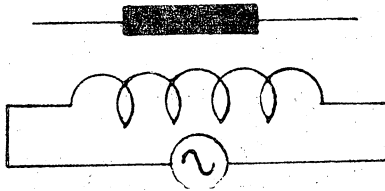
١٠١ الملفات في دوائر التيار المتغير :

الملفات عبارة عن سلك ملفوف إما حلزونياً على شكل حلقات بجوار بعضها -

solnide



فإذا وصلنا طرفي هذا الملف بينبوع تيار متغير فانه ينشأ حول السلك مجال



شكل ١٣/١ رمز الملف الحزوني ومتصل  
بينبوع تيار متغير

مغناطيسي على شكل دوائر مركزها

السلك - وبما أن القوة الدافعة الكهربائية

تتغير في الاتجاه والقيمة - فإن المجال

الفاشيء من مرور التيار المتغير يتغير

كذلك فيزداد إلى أقصى حد له عند

النهاية العظمى للتيار ثم يقل حتى

يتلاشى عند الصفر وفي لحظات الازدياد والتضاؤل يتجه المجال دائماً نحو محور

السلك ويقطع السلك نفسه ويولد فيه قوة دافعة كهربائية مضادة تضاد القوة

الوافعة الأصلية المسببة لمرور التيار وذلك بحسب قانون لينز - ومعنى هذا أن

التيار المار في الملف هو نتيجة القوتين الدافعتين الكهربائيتين القوة الدافعة الأصلية

والقوة الدافعة المضادة ( وتسمى الرجعية ) *Feed back*

هذا علاوة على أن تجاور اللفات بجانب بعضها البعض تؤثر المجالات لكل

لفة على نفس اللفة وكذلك على اللفات المتجاورة .

وبذلك تكون القوة الدافعة الكهربائية المضادة في أى لحظة تناسب مع عدد

لفات الملف وحجمها وقربها أو بعدها عن بعضها البعض كذلك على معدل تغير

التدفق المغناطيسي بحسب الآتي :

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \times 10^{-8}$$

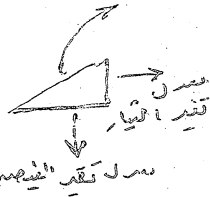
$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \times 10^{-8} \text{ فولت}$$

حيث  $N$  = عدد لفات الملف .

$\phi$  = مقدار التوفيق المغناطيس  $\phi$  التدفق

$\frac{d\phi}{dt}$  = معدل تغير المجال المغناطيسي ( أى زمن التغير ) .

وبالضرب في المرافق  $\frac{1}{dt}$  سم ( معدل تغير التيار )



$$\therefore \text{ل. س. ل. المضادة} = \text{ل. س. ل.} \times \frac{\Phi_s}{\omega_s} \times \frac{\Phi_s}{\omega_s} \times 10^{-8} \text{ فولت.}$$

وعلاوة ناقص دلالة على أن ل. س. ل. الفاشئة بالاستنتاج هي عكس ل. س. ل.

الأصلية ومعنى  $\frac{\Phi_s}{\omega_s}$  هو ميل المستقيم الذى يربط العلاقة بين معدل تغير التدفق

المغناطيسى ومعدل تغير التيار - وبدون حدوث تشبع مغناطيسى .

وكما نعلم أن  $\frac{\Phi_s}{\omega_s}$  عبارة عن مقدار ثابت لأنه يمثل ميل خط مستقيم -

وكذلك عدد اللغات  $\omega$  عبارة عن مقدار ثابت .

وإذا عوضنا عن المقدارين  $\frac{\Phi_s}{\omega_s}$  و  $\omega$  بالمقدار ل : -

$$\therefore \text{ل. س. ل. المضادة} = \text{ل. س. ل.} \times \frac{\omega_s}{\omega} \times 10^{-8} \text{ فولت}$$

$$\therefore \text{ل. س. ل.} = \text{ل. س. ل. المضادة} \times \frac{\omega}{\omega_s} \times 10^{-8}$$

ويسمى المقدار ل معامل الاستنتاج النفس ووحدة الهنرى .

### ١١١ تعريف معامل الاستنتاج

هو معامل تناسب الجهد المستنتج ( ل. س. ل. المضادة ) والمعدل الزمنى

لتغير التيار . أو النسبة بين ل. س. ل. المضادة ومعدل تغير التيار

ومدة الاستنتاج :

وحدة الإستنتاج هي الهنرى - وتساوى مقدار الجهد المستنتج ١ فولت

إذا كان معدل تغير التيار ١ أمبير في الثانية أى أن ١ فولت = ١ هنرى

$$\times \frac{1 \text{ أمبير}}{1 \text{ ثانية}}$$

١ هنرى = إذا كان الجهد المستحث في ملف هو ١ فولت  
عندما يكون معدل تغير التيار ١ أمبير في الثانية

$$\text{حيث أن } \mathcal{L} = \frac{d\psi}{di} \times \text{فولت} \quad \text{" } \frac{1 \text{ أمبير}}{1 \text{ ثانية}} \text{ يولد فولت يكون } \mathcal{L} = 1 \text{ هنرى}$$

### تعريف الحث المغناطيسى الكهربى

هو إنتاج قوة دافعة كهربائية فى دائرة بواسطة تغيير الفيض المغناطيسى المار خلال هذه الدائرة وتعرف القوة الناتجة بهذه الكيفية باسم القوة الدافعة المستنتجة - كما يعرف التيار باسم التيار المستنتج .

### تعريف الاستنتاج (الحث) النفسى والمتبادل :

إذا كان التغيير فى الفيض المغناطيسى ناتجاً عن تغير التيار المار فى الدائرة . فإن هذه الظاهرة تعرف بالاستنتاج النفسى (الحث الذاتى) - أما إذا كان ناتجاً عن تغير التيار المار فى دائرة أخرى فتعرف هذه الظاهرة باسم الاستنتاج المتبادل (الحث المتبادل) .

### إيجاد معامل الاستنتاج النفسى للملف معلوم :

إذا أردنا حساب معامل الاستنتاج النفسى للملف ملفوف حول قلب من الحديد ومعلوم أبعاد القلب والملف وكان القلب على شكل دائرة مغناطيسية مغلقة - فإنه يمكن حساب إستنتاج هذا الملف بالهنرى إذا علم أن : -

$$n = \text{عدد لفات الملف} .$$

$$i = \text{شدة التيار المار فى الملف فى لحظة الحساب} .$$

٦ = معامل النفاذ للحديد المصنوع منه القلب الحديدي .

٦ = مقدار التدفق المغناطيسي أى عدد الخطوط المغناطيسية المارة في القلب في لحظة الحساب .



٦ = مساحة مقطع القلب الحديدي بالسنتيمتر المربع

٦ = طول محيط القلب الحديدي المتوسط بالسنتيمتر

سبق أن درسنا في باب التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي أن شدة المجال المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار كهربائي في ملف حلزوني يخضع للقانون الآتي : —

$$\text{شدة المجال} = \frac{4\pi \times n \times i}{l} = \frac{4\pi \times 10 \times 1}{l}$$

$$\frac{4\pi \times 10 \times 1}{l} = \frac{125.6}{l}$$

$$\text{وأن } l = \frac{4\pi \times 10 \times 1}{\text{شدة المجال}} = \frac{125.6}{\text{شدة المجال}}$$

ويمكن تطبيق القانون السابق على حالتنا هذه : —

$$\text{مقدار التدفق المغناطيسي في القلب} = \frac{4\pi \times n \times i}{l} \times \mu \times S$$

وفي حالة التيار المتغير لو تصورنا أن معدل تغير شدة التيار  $d i$  ومعدل تغير التدفق  $d \Phi$

$$\therefore d \Phi = \frac{4\pi \times n \times (d i) \times \mu \times S}{l}$$

ويقسمة الطرفين على  $d i$



$$\frac{\phi_d}{دسه} = \frac{١٢٥٧ ن}{ل} \times \mu \times \nu$$

$$\frac{\phi_d}{دسه} \times ن = (ل) \text{ الإستنتاج النفس}$$

$$\times ١٠-٨ هـرى$$

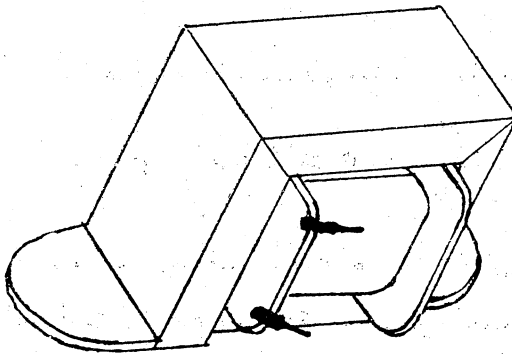
$$\frac{\phi_d}{دسه} \text{ وبالتعويض بدل}$$

$$\therefore ل = \frac{١٢٥٧ ن}{ل} \times \mu \times س \times ١٠-٨ هـرى$$

$$= \frac{١٢٥٧ \times ن^2 \times \mu \times س}{ل} \times ١٠-٨ هـرى$$

### الملفات الخانقة :

الملفات الخانقة عبارة عن ملفات حلزونية تلف بجوار بعضها ثم فوق بعضها

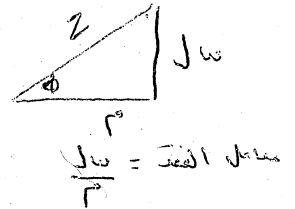
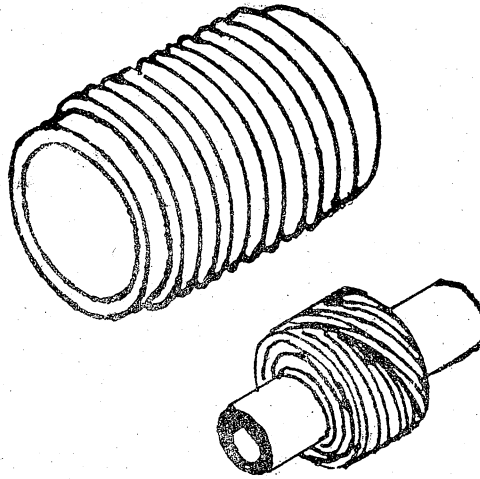


شكل ١٤/١ خائق تردد منخفض

على شكل طبقات - ويمكن أن يكون الملف ذو قلب حديد كما في شكل ١٤-١ - ويسمى خائق تردد منخفض - أو ذو قلب هوائى ويسمى خائق تردد عالى كما في شكل

- ١ - ١٥ - وتستخدم الأخيرة في دوائر التردد العالى كما في معدات اللاسلكى - وتحدد خواص الخائق بقيمة إستنتاجه النفسى - ومقدار الأمبير لفات له

أو قيمة التيار المار به وكذلك قيمة التردد وكذلك معامل جودته أو معامل  
الفقد به .



شكل ١-١٠ خاني عالي مركب هوائي

ويقدر قيمة معامل الفقد للملف بظل الزاوية

$$\frac{L \omega}{\mu} = \phi$$

أما معامل الجودة للملف فهو مقلوب معامل الفقد أي ظل  $\phi$  ويرمز له بالرمز  $Q$

$$\frac{\mu}{L \omega} = Q \text{ ظل } \phi$$

وفد أمكن إستخدام أنواع أخرى من القلب بدلا من الحديد وتسمى مادة القلب قرنت وهي عبارة عن مادة ذات معامل تقاوم مغناطيسي عالي. وكذلك مقاومتها النوعية عالية تصل ١٠ أوم/سم<sup>٣</sup> - وهذا النوع يستخدم في ملفات الراديو .  
وكما صغرت المقاومة المادية للملف كلما قل الفقد به ويقال عند ذلك أن الملف ذو معامل جودة عالي .

## ١٤ ر ١ حساب الخائق

ويمكن حساب الاستنتاج النفسى للخائق باستخدام القانون الآتى : —

$$(١) \quad L = \frac{1,257 \times 10^{-2} \times 11 \times 10^{-8}}{L} \quad \text{هنرى}$$

ويمكن حساب الممانعة السككية له كما سياتى شرح ذلك بالتفصيل باستخدام القانون الآتى :

$$(٢) \quad Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2} \quad \text{أوم ظا}$$

ويمكن حساب الضغط على طرفى الخائق حيث  $V = I \times R$  . فولت  
وتكون القيمة الفعالة للقوة الدافعة السكهربائية على طرفى الخائق

$$= \frac{2 \times 10^{-8} \times 10^{-2} \times 10^{-8}}{2 \times 10^{-8}} \quad \text{فولت}$$

∴  $V = 4,44 \times 10^{-8} \times 10^{-2} \times 10^{-8}$  فولت (٣)

$$\therefore \phi = \frac{1,257 \times 10^{-2} \times 10^{-8} \times 10^{-8}}{L} \quad \text{س}$$

$$\therefore V = \sqrt{2} \times \text{الفعالة} \quad \text{س}$$

$$\therefore \phi = \frac{1,257 \times 10^{-2} \times 10^{-8} \times 10^{-8}}{L} \quad \text{وبقسمة الطرفين على س}$$

$$\frac{1,257 \times 10^{-2} \times 10^{-8} \times 10^{-8}}{2} = \frac{\phi}{S}$$

$$\phi = \frac{\Phi}{S} \quad \text{الكثافة المغناطيسية (ث)} \quad \leftarrow \text{المجال}$$

$$\theta = \frac{\mu \times 3.2 \times 10^7}{2} \quad \text{ث}$$

$$(4) \quad \text{ويمكن إيجاد } \theta = \frac{C \times \theta}{\mu \times 5 \times 178} \quad \text{أمبير}$$

وبذلك يمكن إيجاد الإستنتاج النفسى بالقانون ( ١ ) للخائق وكذلك  
ممانعته الحكيمة قانون ( ٢ ) وكذلك هـ . س . لـ الفعالة على طرفيه قانون ( ٣ )  
وكذلك شدة التيار المار به قانون ( ٤ ) .

#### ١٥-١٦ استعمالات الخائق :-

في خائق التردد المنخفض ذات القلب الحديدي يكون القلب على شكل مربع  
أو مستطيل ويوضع داخل الملف وهو يشبه قلب المحول الكهربائي ذو دائرة  
حديدية مفتوحة أى بها ثغرة هوائية ويصنع القلب من صفائح صلب المحولات معزولة  
عن بعضها كما في المحول تماماً الفرق الوحيد هى الثغرة الهوائية ويوضع في الثغرة  
الهوائية طبقة رقيقة من مادة عازلة .

ويستخدم خائق التردد المنخفض في أغراض متعددة - فيستخدم في الإضاءة  
في مصابيح الفلورسنت . وفي ما كينات اللحام بالنقطة - وفي أغراض التقويم  
لحركات التيار المتغير وفي دوائر التنعيم المستخدمة في توحيد التيار المتغير إلى مستمر -  
وتستخدم كذلك كأحمال ذات حث طالى . وتستخدم كأحمال في مكبرات التردد  
المنخفض - أما خائق التردد العالي فتستخدم بكثرة في أعمال الإرسال و دوائر  
التليفونات والأعمال الإلكترونية عموماً .

## ١٦٦ المكثفات الكهربائية :-

المكثفات عموماً عبارة عن لوحين معدنيين وبينهما عازل - وعند توصيل طرفي المكثف بفرق جهد مستمر يسرى عند بدء التوصيل تيار كهربائي إلى أن يتساوى فرق الجهد على طرفي المكثف بفرق جهد المنبع ثم ينقطع سير التيار - وتسمى العملية السابقة بعملية الشحن وعند توصيل طرفي المكثف إلى بعضهما مباشرة أو خلال مقاومة يفرغ المكثف شحنته ويتساوى فرق الجهد بين طرفي المكثف وذلك يتم بعيداً عن منبع التيار المستمر .

وتتوقف كمية الشحنة  $Q$  على عاملين أساسيين سعة المكثف  $C$  وفرق الجهد  $V$  وتقدر كمية الشحنة بوحدة الكولوم وسعة المكثف تقدر بالفاراد والجهد يقدر بالفولت . كمية الشحنة = سعة المكثف  $\times$  فرق الجهد على طرفيه

$$Q = C \times V \quad \text{أي أن } Q = C \times V \text{ ومنها } C = \frac{Q}{V}$$

$$\text{إذا } 1 \text{ كولوم} = 1 \text{ فولت} \times 1 \text{ فاراد} \quad \therefore 1 \text{ كولوم} = 1 \text{ فاراد} \times 1 \text{ فولت}$$

وتعتبر وحدة الفاراد كبيرة جداً بالنسبة للنواحي العملية - ولذلك إستخدمت أجزاء لها تسمى الميكروفاراد .  $1 \mu F = \frac{1}{10^6}$  من الفاراد .

وتوجد وحدة أصغر من الميكروفاراد هي الميكروميكروفاراد أو البيكروفاراد ورمزها

$$1 pF = \frac{1}{10^{12}} \text{ من الميكروفاراد}$$

$$= \frac{1}{12.10} \text{ من الفاراد}$$

١٧ ر العوامل التي تؤثر على السعة المكهربائية : -

تتوقف سعة المكثف على عوامل ثلاث : - ١ - مساحة اللوحين -  
٢ - سمك العازل بينهما - ٣ - نوع العازل المستخدم .

١ - مساحة اللوحين : تتناسب سعة المكثف طردياً مع مساحة اللوحين أى  
تزيد السعة بزيادة مساحة اللوحين

٢ - سمك العازل : تتناسب سعة المكثف عكسياً مع سمك العازل بين  
اللوحين أى تزيد السعة كلما قل سمك العازل بينهما والعكس صحيح .

٣ - تتغير سعة المكثف بتغير العازل بين اللوحين - فإذا كان العازل بين  
اللوحين هواء - ثم استبدلنا الهواء بمادة عازلة مثل الميكا مع الاحتفاظ بثبات  
المسافة بين اللوحين وكذلك مساحتهما فإننا نلاحظ أن المكثف يتحمل شحنة  
أكبر أى أن سعته تزيد - وتسمى النسبة بين السعة في الحالة الثانية والسعة في  
الحالة الأولى عند استخدام الهواء باسم ثابت العزل أو معامل السعة النوعي . وقد  
اتفق على أن يكون ثابت العزل للهواء الجاف مساوياً للوحدة وقد أمكن استخدام  
مواد عازلة للمكثفات ترفع معامل العزل إلى بضعة آلاف مما لو كان العازل هواء  
وهذه المواد هي السيراميك (مثل الكاليت والإبسيلان) .

١٨ ر حساب سعة المكثف :

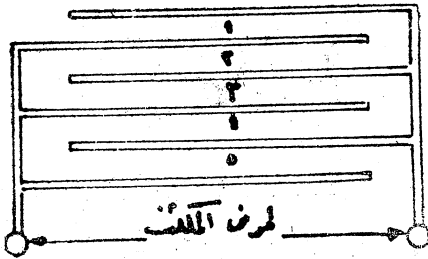
وعلى ذلك يمكن القول بأن  $C \propto \frac{1}{d}$

$$C \propto \frac{1}{d}$$

حيث أن س رمز لسعة المكثف ، ع رمز لمساحة أحد اللوحين بالسـم<sup>٢</sup> ،  
ل رمز لسمك العازل بالسـم - وإذا رمزنا لثابت العزل أو معامل السعة القوي  
بالرمز ع

$$\therefore س = ع \times \frac{ع}{ل} \text{ وحدة مطلقة}$$

وإذا كان المكثف يحتوى على أكثر من لوحين فإن كل لوح يؤثر تأثيراً  
مضاعفاً - فيما عدا السطحين الخارجيين للألواح لا يكون لهما تأثير - فإذا كان



شكل ١٦/١ مكثف متعدد الألواح (سبعة ألواح)

عدد الألواح ٦ كما في شكل

١ - ١٦ - فإن المكثفات

الفعالة تكون خمسة مكثفات

وإذا رمزنا لعدد ألواح

المكثف بالعدد ن

$$\text{فإن س} = \frac{ع \times ل (١ - ن)}{ل \text{ سم}}$$

$$\therefore \text{سعة المكثف بالوحدات الإستاتيكية} = \frac{ع \times ل (١ - ن)}{ل \times ٩ \times ١٠}$$

$$\therefore \text{الميكروفاراد} = ٩ \times ١٠ \text{ وحدة إستاتيكية}$$

$$\therefore \text{سعة المكثف (س)} = \frac{ع \times ع \times (١ - ن)}{٩ \times ١٠ \times ل \text{ ميكروفاراد}}$$

مثال :

مكثف به ٢١ لوحاً معدنياً مساحة كل منها ٣٠ سم<sup>٢</sup> - معزولة بالبيكا سمكها

٠,٢ ملليمتر - وثابت العزل للميكا = ٦ - إحسب سعة المكثف بالميكروفاراد .

الحل :

$$\text{سعة المكثف بالميكروفاراد} = \frac{C \times E \times (1 - N)}{4 \pi \times 9 \times 10^9}$$

$$= \frac{20 \times 30 \times 6}{4 \times 9 \times 10^9 \times 3,14 \times 4}$$

$$= 0,016 \text{ ميكروفاراد}$$

### ١٩ أنواع المكثفات :

تنقسم المكثفات إلى نوعين رئيسيين - مكثفات ثابتة السعة ومكثفات متغيرة السعة - والمكثفات ثابتة السعة يمكن تقسيمها إلى عدة أنواع بحسب نوع العازل المستعمل وهي :

١ - مكثفات الميكا      ٢ - مكثفات الورق

٣ - مكثفات الصيني ( سيراميك ) .

٤ - مكثفات كيميائية أى يتم عزل الألواح عن بعضهما بواسطة غاز نحصل عليه نتيجة تفاعل مواد كيميائية .

### ٢٠ استخدام المكثفات :

تستخدم المكثفات في دوائر البدء في محركات الوجه الواحد - وفي مصابيح الإضاءة الفلورسنت وفي تحسين معامل القدرة في دوائر التيار المتردد - وفي دوائر التوافق والربط والتنعيم والتنعيم في الأجهزة الإلكترونية .



## ١٢١ الممانعة التآثيرية :

عند توصيل ملف ليس له مقاومة مادية بنبوع تيار متغير فإن القوة الدافعة الكهربائية بآئية للنبوع تسبب

مرور تيار في لفات الملف متغير

وينشأ عنه مجال مغناطيسي

حول لفات السلك ويكون

على شكل دوائر مركزها الموصل

نفسه وهذا المجال يكون متغيراً

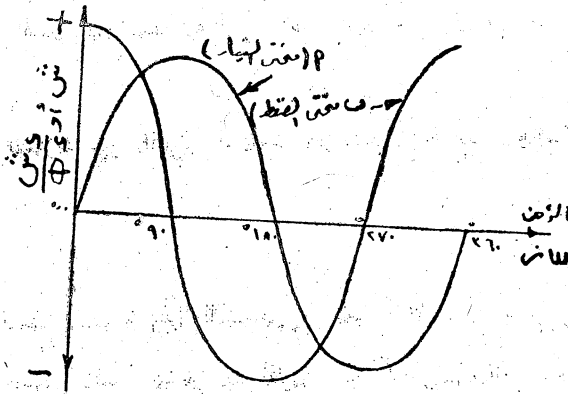
ويتبع تغير منحنى التيار المار

بالسلك وتكون معادلة التيار :

سم لحظية = سم و جا  $\phi$

حيث يمثل الإحداث الأفقي زوايا الدوران والإحداث الرأسى يمثل معدل تغير

التيار كما في شكل ١ - ١٨ .



شكل ١٨/١ منحنى التيار I ومنحنى الضغط B في الممانعة التآثيرية

$$\therefore \frac{I_{\text{سم}}}{\phi} = \text{ش } \phi \text{ جتا}$$

أى أن  $\frac{S}{\Phi}$  هو معدل تغير التيار بالنسبة لزوايا الدوران أو ميل المماس كما في المنحنى ١.

### ١٢٢ التيار يتأخر ٩٠° عن الضغط في المصانة التأثيرية :

وعند إيجاد معدل ميل المماس لمنحنى التيار ١ عند الزوايا صفر، ٩٠°، ١٨٠°، ٢٧٠°، ٣٦٠° - يكون معدل ميل المماس كالاتى بحسب الترتيب السابق : -

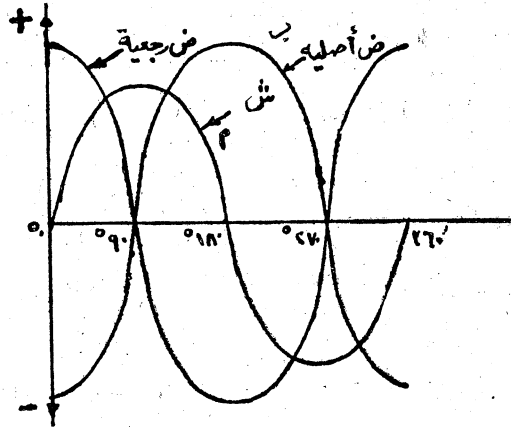
عند زاوية صفر يكون معدل ميل المماس  $= S$  و ٦ وعند زاوية ٩٠° يكون صفر، وعند ١٨٠° يكون  $-S$ ، وعند ٢٧٠° يكون صفر، وعند ٣٦٠° يكون  $S$ ، وإذا أتينا بميل المماس لمنحنى الضغط عند هذه النقطة فإننا نحصل على المنحنى ب (أى منحنى الضغط) ومن المنحنيين ١، ب أى منحنى التيار والضغط نشاهد زاوية اختلاف بينهما مقدارها ٩٠° ولذلك يقال أن التيار يتأخر عن الضغط بزاوية مقدارها ٩٠° - وذلك بسبب الاستنتاج النفسى أو الحث الدائى للملف الذى ينشأ عنه  $U = S \cdot L$  رجعية عكس  $U = S \cdot L$  له الأصلية .

### ١٢٣ العلاقة بين القوة الرافعة الأصلية والرجعية والتيار في المصانة

التأثيرية :

نتيجة لقطع خطوط المجال المغناطيسى للفات الملف تستنتج قوة دافعة كهربائية رجعية في الملف تتأخر عن التيار ٩٠° أخرى أى أنها تتأخر عن القوة الدافعة الكهربائية للينبوع (الأصلية) بزاوية مقدارها ١٨٠° - ولذلك تسمى قوة دافعة رجعية - وعند زيادة التيار تكون القوة الدافعة الرجعية بعكس ذلك آخذة في النقصان وهذا هو السبب في استغراق التيار لبعض الوقت زمن مقداره  $\frac{L}{R}$

دورة أى  $90^\circ$  وعندما يأخذ التيار فى النقصان فإن القوة الدافعة الرجعية بسبب الاستنتاج النفسى تعمل على معارضة التيار للزيادة كما شكل ١ - ١٩ .



شكل ١٩/١ العلاقة بين ق . س ، ك الأسمية والرجعية والتيار فى الممانعة التأثيرية

وتتوقف قيمة هذه الممانعة على حث الملف ومعدل تغير المجال المغناطيسى -  
هو نوع القلب الحديدى .

وعند إهمال المقاومة المادية لمعدن السلك المصنوع منه الملف أى تكون  
مقاومة الملف تأثيرية بحتة

$$\therefore \text{صه} = \omega L = \frac{2\pi f L}{\text{ط ت ل صه}}$$

حيث صه =  $\frac{V}{I}$  . ل . س . الرجعية .

$$L = \frac{\text{الاستنتاج النفسى للملف}}{f}$$

$$L = \frac{\text{شدة التيار المارة به}}{f}$$

$$\therefore \text{صه} = L = \frac{\text{صه منبع}}{\omega} \quad \therefore \text{صه} = \frac{\text{صه منبع}}{\omega} \quad \text{حيث } \omega = 2\pi f = \text{ممانعة الملف} .$$

### تأثير السطح الخارجى للموصل فى دوائر التيار المتغير The skin effect

إن مقاومة الموصل للتيار المستمر ليست هى نفس المقاومة للتيار المتغير —  
 فمعد مروو تيار فى موصل مستقيم — ينشأ حوله مجال مغناطيسى على شكل دوائر  
 متحدة المركز — ويكون مركزها هو مركز مقطع الموصل — وهذا المجال ينتج  
 حول الموصل وداخل الموصل كذلك — ويكون المجال خلال الموصل عبارة عن  
 عدة صفوف متوازية ومعتظمة الدوران داخل بعضها البعض — وهذه الصفوف  
 تزداد كثافة كلما إقتربنا إلى مركز الموصل — وفى حالة التيار المتغير — فإن صفة  
 الممانعة الحثية لمقاومة التيار — وكذلك كثافة الخطوط المغناطيسية داخل الموصل  
 حيث تزداد كلما إقتربنا إلى مركز الموصل — ومعنى هذا أن الممانعة الحثية فى  
 فى قلب الموصل أكبر منها كلما إبتعدنا عن القلب وإقتربنا إلى سطح الموصل .  
 أى أن ممانعة الموصل قرب المركز أكبر منها فى السطح الخارجى له —  
 ولذلك يفضل التيار المرور حول السطح الخارجى أكبر منه داخل قلب الموصل —  
 وتعرف هذه الخاصية بإسم تأثير القشرة الخارجية أو السطح الخارجى للموصل

The skin effect

١٢٥ مقارنة بين المقاومة البحتة والخازن والمكثف فى دوائر التيار

المستمر والمتغير

التيار المتغير	التيار المستمر
١ - يمر تيار متغير يتبع منحني جيب الزاوية	أولا : المقاومة المادية : ١ - يمر تيار يتناسب عكسياً مع قيمة المقاومة ويخضع لقانون أوم
ونسكون ش لحظية = $\frac{V}{M}$	مقداره ش = $\frac{V}{M}$

التيار المتغير	التيار المستمر
<p>٢ - التيار المار متغيراً ولكنه في إتفاق وجهي مع الضغط أى الزاوية بينهما صفر .</p> <p>٣ - التيار متغير الاتجاه في المقاومة المتصلة بينبوع متغير وتكون العلاقة بين ش ، ض عبارة عن منحنيين جيبيين في إتفاق وجهي</p> <p>ثانياً : - الخافق - الممانعة التأثيرية : البحتة :</p>	<p>٢ - هذا التيار ثابت القيمة طالما أن الضغط على طرفي المقاومة ثابت - وكذلك ثبات المقاومة .</p> <p>٣ - التيار ثابت الاتجاه - أى أن قطبيه التيار ثابتة . وتكون العلاقة بين ض ، ش عبارة عن خطين متوازيين .</p>
<p>١ - عند توصيل خافق بينبوع تيار متغير تردده ت/ث فإنه بسبب الاستنتاج النفسى تتولد قوة دافعة رجعية تعارض القوة الدافعة الأصلية وبذلك يمر تيار متأخر عن الضغط بزاوية مقدارها ٩٠° والزاوية بين <math>V</math> و <math>I</math> الأصلية والرجعية مقدارها ١٨٠° .</p>	<p>١ - عند توصيل خافق بينبوع تيار مستمر تتولد قوة دافعة رجعية في لحظة التوصيل ولحظة القطع كذلك ولكن بعد لحظة التوصيل لا توجد قوة دافعة رجعية وبذلك يظل التيار المار في الخافق ثابت</p>
<p>٢ - للخافق مقاومة مادية ثابتة ومقاومة تأثيرية متغيرة بحسب تغير تردد التيار بالنسبة للتيار المتغير وتساوى <math>V^2 = I^2 R + I^2 X</math></p>	<p>٢ - مقاومة الخافق للتيار المستمر هي مقاومة أسلاكه فقط وليس له مقاومة تأثيرية .</p>
<p>١ - يمر تيار في المكثف ويكون التيار متقدماً على الضغط</p>	<p>ثالثاً : - المكثف - الممانعة السعيرية :</p> <p>١ - عند توصيل مكثف بينبوع تيار مستمر يسرى تيار عند الإبتداء</p>

التيار المتغير	التيار المستمر
بزاوية مقدارها $90^\circ$ وتكون ممانعة	يعمل على شحن المكثف ويسمى تيار الشحن وإلى أن يتساوى فرق الجهد على طرفيه مع فرق الجهد للينبوع يفقد سريران التيار .
المكثف = $\frac{1}{\omega C}$	تعتبر ممانعة المكثف للتيار المستمر تساوى ما لا نهاية حيث :
وعند حساب التيار المار في المكثف ش = ض . $\omega C$	$\infty = \frac{1}{0}$
وتتغير ممانعة المكثف بتغير التردد فتقل ممانعته بزيادة التردد وتزيد ممانعته بنقصان التردد .	صفر

## ١٢٦ توصيل الخواص بالتوالي وبالتوازي :-

عند توصيل مقاومات تأثيرية على التوالي أو على التوازي يمكن إتباع قوانين متشابهة للقوانين المتبعة في حالة توصيل المقاومات الأومية العادية .

التوصيل على التوالي : - إذا كانت  $L_1, L_2, L_3$  ألحث النفسى للملفات ووصلت مع بعضها بالتوالي فإن ألحث الكلى  $L_{\text{الكلى}} = L_1 + L_2 + L_3$  الخ .  
التوصيل على التوازي : إذا وصلت الملفات الثلاثة بالتوازي معاً فإن

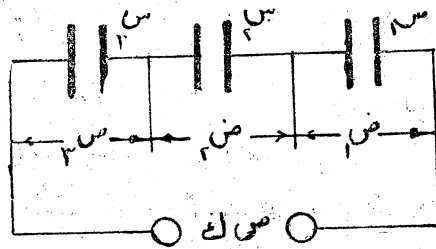
$$\frac{1}{L_{\text{الكلى}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

وهذا نفس النظام المتبع في توصيل المقاومات الأومية بالتوالي أو بالتوازي ويمكن تطبيق القوانين السابقة على الممانعات الحثية مع اعتبار قيمة المقاومة المادية بشرط أن تكون زاوية الوجه فيها جميعاً متساوية أى  $\phi = 90^\circ$  جميعاً ثابتة .

## توصيل المكثفات بالتوالى وبالتوازي -

## التوصيل على التوالى

عند توصيل المكثفات بالتوالى كما بالشكل ١ - ٢٠ - فإن الضغط الكلى  
صه لـ يساوى مجموع الضغوط صه<sub>١</sub> و صه<sub>٢</sub> و صه<sub>٣</sub> وكانت سعة هذه المكثفات



على الترتيب صه<sub>١</sub> و صه<sub>٢</sub> و صه<sub>٣</sub>  
وتكون كمية الكهرباء (لـ)  
صه<sub>١</sub> = صه<sub>٢</sub> = صه<sub>٣</sub> = لـ  
صه<sub>١</sub> = صه<sub>٢</sub> = صه<sub>٣</sub> ولكن صه<sub>١</sub> + صه<sub>٢</sub> + صه<sub>٣</sub> =

شكل ١/ ٢٠ توصيل ثلاثة مكثفات بالتوالى

$$\therefore \text{صه لـ} = \frac{\text{لـ}}{\text{صه}_1} + \frac{\text{لـ}}{\text{صه}_2} + \frac{\text{لـ}}{\text{صه}_3}$$

$$= \text{لـ} \left( \frac{1}{\text{صه}_1} + \frac{1}{\text{صه}_2} + \frac{1}{\text{صه}_3} \right)$$

$$\text{أولـ} = \text{صه} \left( \frac{1}{\frac{1}{\text{صه}_1} + \frac{1}{\text{صه}_2} + \frac{1}{\text{صه}_3}} \right)$$

فإذا كانت صه لـ هي السعة الكلية للمكثفات الثلاثة (السعة المكافئة)

$$\therefore \text{صه لـ} = \frac{1}{\frac{1}{\text{صه}_1} + \frac{1}{\text{صه}_2} + \frac{1}{\text{صه}_3}}$$

$$\frac{1}{س٣} + \frac{1}{س٢} + \frac{1}{س١} = \frac{1}{س٤}$$

أى أن مقلوب السعة الكلية يساوى مجموع مقلوب السعات الأصلية على التوالي كما أن الضغوط على أطراف هذه المكثفات تتناسب عكسيا مع سعاتها - ويظهر من النتيجة السابقة أن السعة الكلية لعدة مكثفات متصلة على التوالي تكون دائماً أقل من أصغر سعة مكثف فيها .

مثال : مكثفان سعتهما ٥ و ١٠ م . ف . وصلا على التوالي ثم وصلت الدائرة بضبط مقداره ٢٢٠ فولت أوجد : - ١ - السعة الكلية ب كمية الشحنة لكل مكثف ح - الضغط على طرفي كل مكثف .

$$\frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{5}} = \frac{1}{\frac{1}{س٣} + \frac{1}{س١}} = \frac{1}{س٤}$$

$$\frac{1}{1+2} = \frac{1}{س٤}$$

$$س٤ = ٣ م . ف . \quad \frac{1}{س٤} = السعة \times الضغط$$

$$ب - س٤ = س٣ = س١ = ٢٢٠ \times \frac{1}{3} \times ٢٢٠ \times ٣ = ٢٢٠ \times \frac{10}{3}$$

$$= \frac{٢٢٠٠}{١٠ \times ٣}$$

$$= ٧٣٣ . ٠٠٠٠ و . كولوم .$$



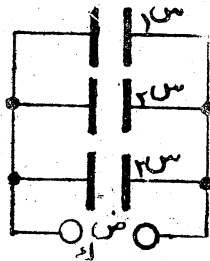
$$ج - ص_١ = \frac{الشحنة}{السعة} = \frac{١٠ \times ٧٣٣}{١٠ \times ٥} = \frac{ل}{س} = ١٤٦٦٦ \text{ فولت}$$

$$ص_٢ = \frac{الشحنة}{السعة} = \frac{١٠ \times ٧٣٣}{١٠ \times ١٠} = \frac{ل}{س} = ٧٣٣٣ \text{ فولت}$$

ويمكن ملاحظة أن القيمة الكلية لسعة المكثفين المتصلين على التوالي

تكون :-  $\frac{1}{C_{\text{طد سع}}} = C_1 + C_2$  خاضعون لها

إذا زاد السعة  
تقل الجهد العزمي  
وبالتالي يزداد التيار  
توصيل المكثفات بالتوازي



$$C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

التوصيل على التوازي :

عند توصيل المكثفات بالتوازي

شكل ٢١/١ توصيل ثلاثة مكثفات بالتوازي

كما بالشكل ١-٢١ فإن الضغط الكلي للبطارية  $V$  يقع على طرفي كل مكثف على حدة - وإذا كانت سعة هذه المكثفات هي  $C_1$  و  $C_2$  و  $C_3$  فإن الشحنات التي تشحن بها المكثفات الثلاثة هي .

$$Q_1 = C_1 V \quad Q_2 = C_2 V \quad Q_3 = C_3 V$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = (C_1 + C_2 + C_3) V$$

وإذا رمزنا للسعة الكلية  $C$

$$Q = C V = Q_1 + Q_2 + Q_3 = C_1 V + C_2 V + C_3 V$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

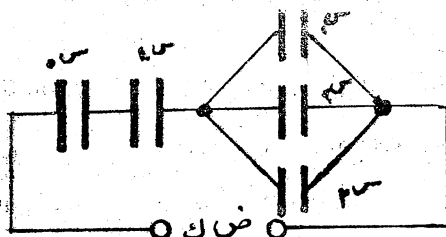
أى أن السعة الكلية تكون مساوية لمجموع سعات المكثفات الأصلية عند توصيلها على التوازي وتوصل المكثفات على التوالى لزيادة مقدار العازل كما فى مضاعفات الضغط أو توصل على التوازي الزيادة للسعة .

مثال : — مكثفان سعة ٤ ، ٦ ميكروفاراد على الترتيب أوجد سعة الكلية إذا وصل على التوازي ثم عند توصلهما على التوالى .

$$\text{س ل عند توصيلها على التوازي} = \text{س}_١ + \text{س}_٢ = ٤ + ٦ = ١٠ \text{ ميكروفاراد}$$

$$\text{س ل } \gg \gg \gg \text{ التوالى} = \frac{\text{س}_١ \times \text{س}_٢}{\text{س}_١ + \text{س}_٢} = \frac{٤ \times ٦}{٤ + ٦} = ٢,٤ \text{ ميكروفاراد}$$

#### توصيل المكثفات على التضاعف :



شكل ١ / ٢٢ توصيل المكثفات على التضاعف ( توصيل مركب )

فى هذه الحالة تتبع الطريقتان السابقتان لإيجاد قيمة السعة الكلية - أى تقسم الدائرة إلى مجموعات - فمثلا كما بالشكل ١ - ٢٢ تحسب سعة المكثفات ١ س ، ٢ س ، ٣ س ، على أنها

متصلة بالتوازي والسعة المكافئة لهم تكون متصلة مع س٤ ، س٥ ، بالتوالى وبذلك يمكن إيجاد سعة بعد ذلك . فإذا فرضنا أن س١ ، س٢ ، س٣ ، س٤ ، س٥ ، على الترتيب = ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٦ ميكروفاراد فلايجاد السعة الكلية تتبع الطريقة الآتية : —

$$\text{س ل للمكثفات س}_١ ، \text{س}_٢ ، \text{س}_٣ = ١ + ٢ + ٣ = ٦ \text{ م . ف .}$$

$$\frac{1}{\frac{1}{س١} + \frac{1}{س٢} + \frac{1}{س٣}} = \frac{1}{\frac{1}{٦} + \frac{1}{٤} + \frac{1}{٦}} = \frac{٥}{٧} م.ف.$$

مثال :-

إذا أعطيت عدداً من المكثفات سعة كل منها ١٠ م.ف. وضغط التشغيل لها ١٠٠٠ فولت أوجد النظام المناسب للتوصيل لكي تحصل منها على سعة مقدارها ٢٠ م.ف. عن ضغط تشغيل ٢٠٠٠ فولت.

حيث أن ضغط التشغيل للمكثف ١٠٠٠ فولت ويراد التشغيل عند ٢٠٠٠



فولت لذلك يجب توصيل مكثفين بالتوالي فتكون سعتها ١٠ م.ف. ثم توصيل أربعة مجموعات بعضها ببعض على التوازي فتعطي سعة مقدارها ٢٠ ميكرو فاراد - وبذلك نحتاج إلى ثمانية مكثفات سعة كل منها ١٠ م.ف. وضغط تشغيلها ١٠٠٠ فولت لتعطينا سعة ٢٠ م.ف. ، ضغط تشغيل ٢٠٠٠ فولت كما هو واضح

شكل ١ / ٢٣ توصيل ثمانية مكثفات

بالتضاعف للحصول على سعة معينة لضغط ينمو معين

بالرسم شكل ١ - ٢٣ .

التوصيل على التضاعف لإعطاء سعة ٢٠ م . ف . وضغط تشغيل ٢٠٠٠ فولت  
إذا علم أن سعة كل مكثف ١٠ م . ف وضغط تشغيل كل منها ١٠٠٠ فولت .  
كما في شكل ٢٣/١

## أسئلة مختارة عن الباب الأول - القسم الأول

عن التيار المتغير

- ١ - أوجد قيمة القوة الدافعة الكهربائية بالفولت - المتولدة على طرفي موصل طوله ٢٥ سم يتحرك في مجال مغناطيسي متعامداً عليه - إذا علم أن كثافته المغناطيسية ١٠٠٠٠ جاوس بسرعة = ٢٥ متر / ثانية .
- ٢ - إذا كانت الكثافة المغناطيسية بين قطبين لمغناطيس كهربائي ١٤٠٠٠ جاوس ويتحرك بينهما موصل عميل على خطوط المجال بزاوية مقدارها ٦٠° - وكان طول هذا الموصل ٥٠ سم - وسرعة القطع للموصل = ٣٠ متر / ثانية - أوجد قيمة القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بالفولت .
- ٣ - عضو إستنتاج سرعته ٣٠٠٠ لفة / دقيقة يدور بين قطبين مغناطيسيين - أوجد عدد ترددات التيار المتولد في عضو الإستنتاج .
- ٤ - يراد توليد تيار متغير ذو تردد ٥٠ ذبذبة / ثانية في مفتاح يدور بين أربعة أقطاب فما هي السرعة التي يجب أن يدور بها المفتاح .
- ٥ - مولد تيار متغير ذو عضو إستنتاج ثابت وعضو تنبيه متحرك - له عشرة أقطاب فما هي السرعة التي يجب أن يدور بها عضو التنبيه ليكون تردد التيار المتولد ٥٠ ذبذبة / ثانية .
- ٦ - أوجد عدد أقطاب مولد تيار متغير تردده ٥٠ ذبذبة لكل ثانية وعدد لفته ٣٠٠٠ لفة / دقيقة .
- ٧ - احسب مقدار متوسط الضغط والقيمة الفعالة للضغط الآتية إذا علم أن هذه القيم هي النهاية العظمى للضغط : ١١٠ فولت ، ٢٤٠ فولت ، ٤٤٠ فولت .

- ٨ - إرسم منحنى العلاقة بين  $v$  .  $s$  .  $l$  . المتولدة وزوايا الدوران للقوة الدافعة المتولدة في موصل يدور بسرعة ١٥٠٠ لفة / دقيقة إذا علم أن قطر المنتج ٣٥ سم - وطوله ٣٥ سم كذلك - والكثافة المغناطيسية = ١٠٠٠٠ خط / سم<sup>٢</sup> - ثم أوجد قيمة  $v$  .  $s$  .  $l$  . عند زوايا الدوران ٣٠° ، ٦٠° ، ٩٠° ، ١٢٠° .
- ٩ - إحسب مقدار التدفق المغناطيسي الناشئ عن مرور تيار مقداره ٢٠ أمبير في ملف عدد لفاته ١٢٠٠ لفة إذا علم أن طوله محيط القلب الحديدي المتوسط يساوى ٢٥ سم وأن معامل النفاذ (الكثافة المغناطيسية) تساوى ١٥٠٠٠ خط لكل سم<sup>٢</sup> ومساحة مقطع القلب الحديدي ٧ سم<sup>٢</sup> .
- ١٠ - إحسب الإستنتاج النفسى لملف قلبه من الحديد الذى طول محيطه المتوسط ٣٠ سم ومساحة مقطعه ٥ سم<sup>٢</sup> وعدد لفاته ٤٠٠ لفة - ومعامل النفاذ له = ١٦٠٠٠ خط لكل سم<sup>٢</sup> .
- ١١ - أوجد عدد لفات ملف خانق يمر به تيار مقداره ٥ أمبير وتردده ٥٠ ذبذبة / ثانية وأن الكثافة المغناطيسية له (  $\theta$  ) = ٤٠٠٠ خط لكل سم<sup>٢</sup> وأن مساحة مقطع القلب ١٠ سم<sup>٢</sup> إذا علم أن الضغط المفقود فيه ٢٠ فولت .
- ١٢ - عرف كل من معامل الإستنتاج - والإستنتاج النفسى والتبادل .
- ١٣ - ماهى العوامل التى تؤثر على قيمة معامل الاستنتاج النفسى - ثم أوجد الإستنتاج النفسى لملف خانق إذا علم أن عدد لفاته ٥٠٠ لفة - ومعامل نفاذ القلب ١٠٠٠٠ خط لكل سم<sup>٢</sup> ومساحة مقطع القلب ٥ سم<sup>٢</sup> وطول محيط القلب الحديدي المتوسط ٣٠ سم .
- ١٤ - كيف يمكن تحديد خواص الخانق وأذ كر القوانين المستخدمة لحساب الخانق لإيجاد إستنتاجه النفسى - وممانعته وجودته وكذلك إيجاد  $v$  .  $s$  .  $l$  . الفعالة على طرفيه - وإيجاد أقصى شدة تيار تمر به .
- ١٥ - ما معنى سعة المكثف - أذ كر العوامل التى تتوقف عليها هذه السعة .

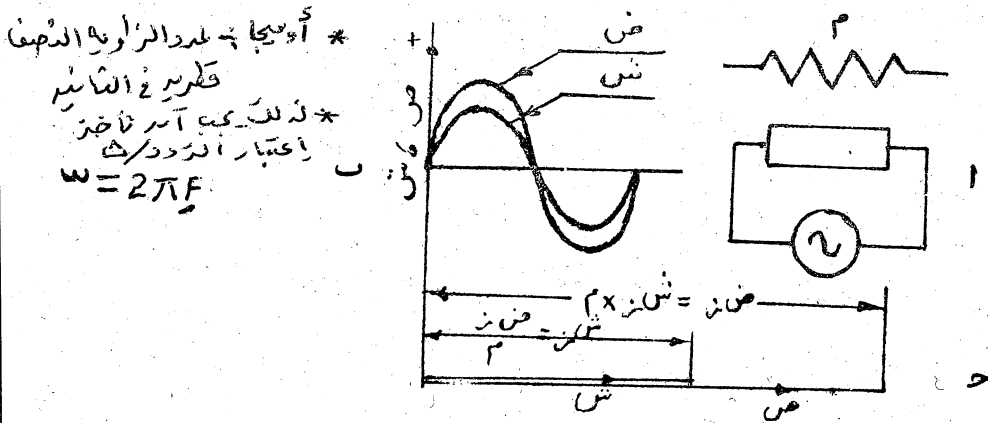
- ١٦ - أذكر أنواع المفايد التي تحدث في المكثفات وأسباب حدوثها .
- ١٧ - إحسب الطاقة المخزونة في مكثف سعته ٥٠ ميكروفاراد إذا وصل بضغط مقداره ٢٠٠ فولت .
- ١٨ - إحسب سعة مكثف بالميكروفاراد يحتوي على ١٥ لوحاً معدنياً أبعاده  $٤ \times ٥$  سم - وتغزل بينها رقائق من الميكا سمكها ٠٠ مللى متر - وثابت العزل لها ٦ .
- ١٩ - مكثفان سعتهما ٥٠ ، ١٠٠ ميكروفاراد - أوجد سعتهما السكوية في حالتى التوصيل على التوازي وعلى التوالي .
- ٢٠ - إذا أعطيت عدداً من المكثفات التي تتحمل ٥٠٠ فولت وسعة كل منها ١٠ ميكروفاراد - أوجد النظام المناسب لكي تحصل على سعة مقدارها ٥ ميكروفاراد وضغط التشغيل ١٠٠٠ فولت .
- ٢١ - مكثفان سعتهما ١٠ ، ١٥ ميكروفاراد - فإذا وصلّا على التوالي، في دائرة ضغطها ٢٠٠ فولت - أوجد السعة السكوية وشحنة كل مكثف - وكذلك فرق الجهد بين لوحيه .
- ٢٢ - إذا كانت القيمة اللحظية للتيار والضغط في دأره للتيار المتغير تقدر بالتالى : -
- $$i = \sin \omega t$$
- $$v = \sin (\omega t - \phi)$$
- (أ) فهل يتقدم التيار عن الضغط أم يتأخر عنه ؟
- (ب) حدد القدرة المتوسطة لهذه الدائرة بالنسبة للقيم المعال للتيار والضغط .
- ٢٣ - ملف متصل بينبوع تيار متغير وجه واحد ضغطه ١٢٠ فولت القوة الدافعة الكهربائية للاستنتاج النفسى ١٠٠ فولت أوجد الضغط المسقط على المقاومة المادية .

## القسم الثاني

### توصيل وحساب دوائر التيار المتغير

أولاً : توصيل مقاومة مادية بينبوع متغير : -

عند توصيل مقاومة مادية بمحثة أى ليس لها تأثير حتى أو استنتاجى بينبوع متغير القوة الدافعة الكهربائية له متغيره - ويرمز للمقاومة المادية بالمحثة بخط منكسر كما فى الرمز الإنجليزى أو مستطيل كما فى الرمز الألمانى - كما فى شكل ١ - ٢٤ -



شكل ١ / ٢٤ أعلى رمز للمقاوم المادية م متصل بينبوع متغير ومتجى التيار فى إتفاق وجهى مع منجى الضغط وأسفل موجبات التيار والضغط فى المقاوم المادية

فإنه يمر فى هذه المقاومة تيار متغير له نفس ترددات القوة الدافعة الكهربائية الموصلة على طرفيها وسرعة تغير التيار المار بها ٢ ط ( حيث ت تردد التيار فى الثانية ) ويمكن أن يرمز لهذا المقدار بالرمز  $\omega$  ( أو ميغا ) أى  $\omega = 2\pi$  ط زوايا نصف قطرية / ثانية

فإن التيار فى أى لحظة فى المقاومة المادية يكون متفقاً فى الزمن مع القوة الدافعة الكهربائية كما هو واضح فى الشكل ١ - ٢٤ - ب أى أن كل منهما -

يكون صفراً في لحظة واحدة وأكبر ما يمكن أو نهاية عظمى في لحظة واحدة كذلك ويقال في هذه الحالة أن التيار يصنع مع الضغط زاوية مقدارها صفراً أى انهما في إتفاق وجهى - وشكل ٢٤ - يبين موجبات كل من الضغط والتيار في أى لحظة ويمثلهما خطان مستقيمان ينطبقان على بعضهما .

مثال : - مقاومة مادية بحته قيمتها ١٠ أوم وصلت بينبوع تيار متغير النهاية العظمى لضغطه ١٠٠ فولت وتردده ٥٠ ذبذبة / ثانية إحسب القيمة العظمى للتيار وكذلك القيمة الفعالة له

$$\begin{aligned} * \text{أجهزة القياس تعنى } R.M.S \\ * R.M.S = \frac{\text{القيمة الفعلة}}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$

الحل :

سرعة زاوية

$$2\pi \times F / \text{د/ث}$$

$$\text{ش} = \frac{\text{صم}}{\text{م}} = \frac{100}{10} = 10 \text{ أمبير القيمة العظمى}$$

$$\text{ش الفعالة} = \text{ش} \times 0,707$$

$$= 0,707 \times 10 = 7,07 \text{ أمبير } R.M.S$$

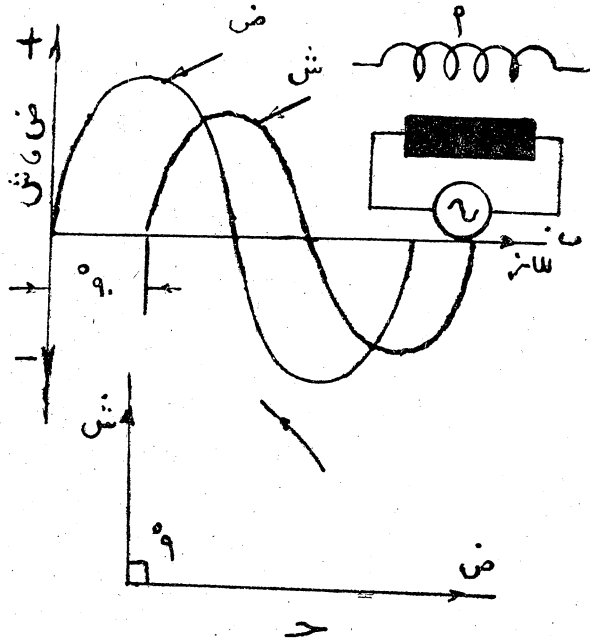
ثانياً : - توصيل مقاومة تأثيرية بينبوع تيار متغير -

عند توصيل مقاومة تأثيرية بحته - أى ليس له مقاومة مادية وليس لها تأثير سعوى وهذا غير جائز من الناحية العملية - بينبوع تيار متغير تردده  $\omega$  / ثانية وبسرعة زاوية مقدارها  $\omega$  أى ط ٢ ط زاوية نصف قطرية فإن التيار أثناء مروره في هذه المقاومة يعانى مقاومة تأثيرية مقدارها  $\omega L$  حيث  $L$  الاستنتاج النفسى لهذه المقاومة - وكما سبق القول أن هذا التيار يتأخر  $90^\circ$  عن الضغط بسبب الاستنتاج النفسى ويرمز للممانعة التأثيرية بخطوط منحنية مقدارها كما في الرمز الإنجليزي أو مستطيل مظلل كما في الرمز الألماني في شكل ١ - ٢٥ - ويمكن حساب شدة التيار في أى لحظة حسب القانون الآتى :

$$\text{ش لحظة} = \frac{\text{صم لحظة}}{\omega L}$$



حيث  $\omega$  ل الممانعة التأثيرية وتساوى  $2\pi$  ل أو  $\omega$  ظاهري ، ل  
الإستنتاج للمقاومة مقدراً بالهنزى .  
أو  $\omega$  ظاهري ، هو  $\omega$  غير عا سي ١١

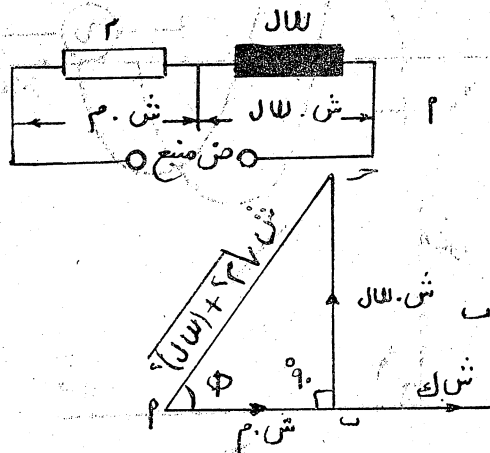


شكل ١ / ٢٥ ممانعة تأثيرية بحته متصلة بينبوع تيار متغير .  
شكل ١ / ٢٥ ب منحنى التيار يتاخر عن منحنى الضغط في الممانعة التأثيرية ٩٠°  
شكل ١ / ٢٥ ج موجبات كل من التيار (ش) والضغط (ض) في الممانعة التأثيرية  
والزاوية بينهما ٩٠°

ثالثاً : توصيل ملف له مقاومة تأثيرية وعادية بينبوع تيار متغير : —

نحن نعلم أن الملف عبارة عن سلك نحاس أو خلافة ملفوف بشكل حلقات حلزونية بجوار بعضها أو فوق بعضها ولذلك لا يمكن من الناحية العملية الحصول على ملف ذو تأثير إستنتاجي بحت دون أن يكون لهذا الملف - مقاومة مادية وهي المقاومة الطبيعية لعدن السلك المصنوع منه الملف - ولذلك عند حساب الملفات يجب أن يكون في الاعتبار تأثير هذان النوعان من المقاومات عند حساب (م ه - الكهربائية)

التيار - ففي المقاومة المادية يكون التيار في إتفاق وجهى مع الضغط أى الزاوية بينهما صفراً وفي الممانعة التآثيرية يكون التيار متأخراً عن الضغط  $90^\circ$  ولذلك يجب أن يمر بزاوية تأخر محصوره بين صفراً  $90^\circ$  ويمكن حساب الضغط المفقود في الملف على اعتبار أنه يفقد في نوعين من الممانعات في الشكل ١ - ٢٦ - ا يمكن تمثيل أن يكون في الاعتبار تأثير هاتان المقاومتان على مرور التيار ومعنى هذا أن التيار



شكل ١ / ٢٦ مركبتى المقاوم المادية والمقاوم التآثيرية الملف

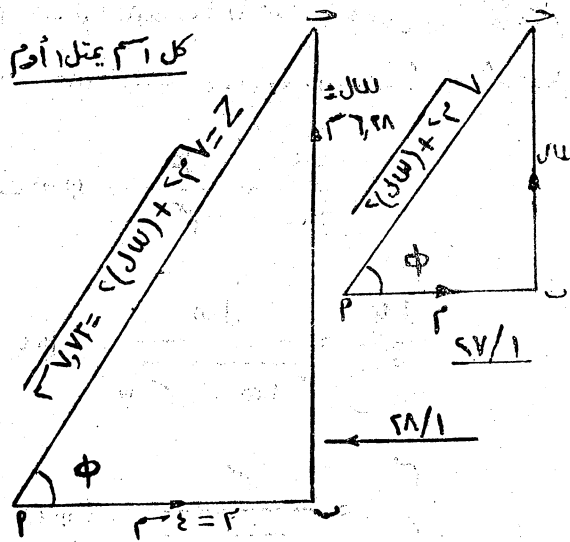
شكل ١ / ٢٦ ب مثلث الضغوط في كل من المقاوم المادية والتآثيرية وضغط الينوع .

مركبتى المقاومة للملف وهما  $\omega$ ،  $\omega$  في المركبة الأولى يكون التيار في إتفاق وجهى مع الضغط وقيمة هذا الضغط هى  $\omega \times \text{م}$  والتيار في المركبة الثانية  $\omega$  يكون التيار متأخراً عن الضغط بزاوية  $90^\circ$  ويكون الضغط المفقود في هذه المقاوم  $\omega \times \text{م} > 90^\circ$  ولتمثيل الضغط المفقود في كل من المقاوم المادية والمقاوم التآثيرية كما في شكل ١ / ٢٦ ب حيث  $\omega$  في المثلث  $\omega$  يمثل قيمة الضغط المفقود في المقاوم المادية  $\omega \times \text{م}$  عند زاوية صفر والضلع  $\omega$  يمثل قيمة الضغط المفقود في المقاوم التآثيرية  $\omega \times \text{م}$  عند زاوية  $90^\circ$  فإن وتر المثلث  $\omega$  يمثل الضغط الكلى

$$\omega = \sqrt{(\omega \times \text{م})^2 + (\omega \times \text{م})^2}$$

ويسمى هذا المثلث باسم مثلث الضغوط للملف .

وإذا قسمنا كل أضلاع المثلث السابق على شدة التيار  $I_m$  (حيث  $I_m$  مقدار ثابت) لإمكاننا الحصول على مثلث المقاومات



شكل ٢٧ / ١ كيف يمكن إيجاد محصلة المقاومات للملف .

شكل ٢٨ / ١ مثلث المقاومات للملف مثال ٢

حيث  $I_m = I_m \cos \phi = I_m \sin \phi$

$$I_m = \sqrt{I_m^2 \cos^2 \phi + I_m^2 \sin^2 \phi}$$

$$I_m \cos \phi = R \quad I_m \sin \phi = V \quad I_m = \sqrt{R^2 + V^2}$$

$$R = I_m \cos \phi \quad V = I_m \sin \phi \quad I_m = \sqrt{R^2 + V^2}$$

$$I_m = \sqrt{R^2 + V^2} \quad \text{أو} \quad I_m = \sqrt{Z^2 \cos^2 \phi + Z^2 \sin^2 \phi}$$

حيث  $R$  المقاومة المادية ،  $V$  المقاومة التأثيرية ،  $Z$  الممانعة الكلية

$$I_m = \sqrt{R^2 + V^2} \quad \text{أو} \quad I_m = \sqrt{Z^2 \cos^2 \phi + Z^2 \sin^2 \phi}$$

إذا قسمنا ضغط الم منبع على محصلة المقاومات  $Z$  فإننا نحصل على شدة التيار الكلية



$$\therefore \text{شدة التيار في الحالة الثانية} = \frac{100}{125,6} = 0,8 \text{ أمبير}$$

من المثال السابق نشاهد أن ممانعة الملف عند تردد ٥٠ كانت ١٥٧,٠ أوم ظا ونفس الملف كانت ممانعة ١٢٥,٦ أوم ظا عند تردد ٤٠٠ ذبذبة / ث .  
ومعنى هذا أن ممانعة الملف تتغير بالزيادة عند زيادة التردد والعكس صحيح عند نقصان التردد .

مثال ٢ : —

ملف مقاومة المادية ٤ أوم ومعامل إستقواجه النفسى ٠,٠٢ هنرى وصل بمنبع ضغطه ٢٠٠ فولت وتردده ٥٠ ذبذبة / ثانية أوجد ما يأتى :-

١ - المقاومة الكلية للملف      ب - التيار المار به      ج - الضغط المفقود في المقاوم المادية      د - الضغط المفقود في المقاومة التأثيرية      هـ - زاوية الوجه بين صه للمنبع والتيار المار بالملف .

الحل ٢ : —

$$\omega L = 2 \pi f L = 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,02 = 6,28 \text{ أوم ظا}$$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 = 4^2 + 6,28^2 = 40,42$$

$$Z = \sqrt{40,42} = 6,36 \text{ أوم ظا}$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{6,36} = 31,4 \text{ أمبير}$$

$$\text{ج - صه م} = 4 \times 31,4 = 125,6 \text{ فولت}$$

$$\text{د - صه ل} = 6,28 \times 31,4 = 197,2 \text{ فولت}$$

\* جميعاً لا يحلونه لأنه لا يتردد مجموع كلا الضغطين = ضغط المنبع بالرغم أنهما في حالة توالى معاً لصح النظرية

هـ - إيجاد  $\phi$  من الرسم شكل ١ - ٢٨

كل اسم يمثل أوم  $\phi$  ليس كذلك -

٦ « ٥ » ١ أوم ظاهري .  $\tan^{-1} 1.57$  ضغط عكسي

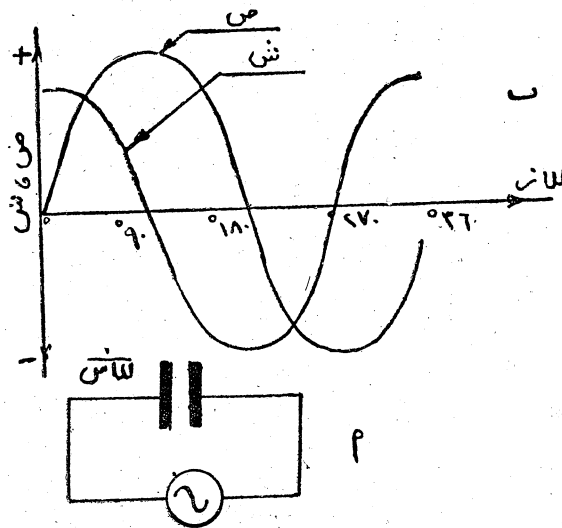
$\phi = 30^\circ 57$   $\phi$  يمثل  $\phi = 30^\circ 57$  فلترة السيغما

ويمكن إيجاد  $\phi$  رياضيا : -

$$\text{حيث } \phi = \frac{\text{م}}{\text{م}} = \frac{6.28}{4} = 1.57$$

٣١ رابعا : - توصيل مكثف بينبوع تيار متغير : -

عند توصيل مكثف بينبوع تيار متغير شكل ١ - ٢٩ - ١ بفرض عدم وجود



شكل ١ / ٢٩ مكثف متصل بينبوع تيار متغير

شكل ١ / ٢٩ ب منحنى التيار والضغط المكثف وفيه التيار يسبق الضغط بزاوية مقدارها  $90^\circ$ .

مفاهيم فإننا نجد أنه في اللحظة التي يكون فيها فرق الجهد على طرفي المكثف كما

في شكل ١ - ٢٩ - ب صفراً يكون تيار الشحن نهاية عظمى - ثم يأخذ فرق الجهد في الزيادة ويقل تيار الشحن - حتى إذا ما وصل فرق الجهد على طرفي المكثف نهاية عظمى يصبح تيار الشحن صفراً - ثم يبدأ المكثف في تفريغ شحنته بعد ذلك - أى أن اللوح الذى كان يشحن يبدأ في تفريغ شحنه إلى المنبع واللوحة التى كان يفرغ شحنة إلى المنبع يبدأ في الشحن - ومعنى هذا أن موجة التيار تسبق موجة الضغط بزاوية مقدارها  $90^\circ$ ، وعند حساب دوائر التيار المتغير

المحتوية على مكثف - تحسب أولاً ممانعة المكثف وهى تساوى  $\frac{1}{\omega C}$  حيث

$C$  = سعة بالفاراد

$C$  سعة المكثف بالفاراد وكما سبق أن قلنا أن هذه السعة كبيرة جداً ويستخدم في الحياة العملية وحده الميكروفاراد ولذلك تقسم سعة المكثف بالميكروفاراد

على  $10^6$  أى تكون ممانعة المكثف عند  $C$  بالميكروفاراد  $= \frac{10^6}{2 \pi f C}$

أوم ظا .

ولحساب شدة التيار المار بالمكثف يقسم ضغط المنبع على ممانعة المكثف

$$I = \frac{V}{Z_C} = \frac{V}{\frac{10^6}{2 \pi f C}} = V \times \frac{2 \pi f C}{10^6} \text{ مبير .}$$

نفرض أن  $C$  بالميكروفاراد .

مثال ١ : - أوجد شدة التيار التى تمر في مكثف سعته  $10$  ميكروفاراد عند

توصيله بمنبع تيار متغير ضغطه  $200$  فولت وتردده  $50$  ذبذبة ثانية وإذا أمكن

تغيير تردد التيار إلى  $500$  ذبذبة في الثانية فأوجد شدة التيار لنفس المكثف .

الحل :-

$$\text{ممانعة المكثف} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 314 \times 10^{-6}} = 318 \text{ أوم ظا}$$

$$\therefore \text{شدة التيار} = \frac{V}{Z} = \frac{200}{318} = 0.628 \text{ أمبير}$$

$$= \frac{628}{1000} = 0.628 \text{ أمبير ويتقدم على الضغط } 90^\circ$$

ممانعة المكثف السابق عند تردد 500 ذبذبه / ثانية

$$= \frac{1}{2\pi \times 500 \times 314 \times 10^{-6}} = 318 \text{ أوم ظا}$$

$$\therefore \text{شدة التيار} = \frac{200}{318} = 0.628 \text{ أمبير ويتقدم على الضغط } 90^\circ$$

من هذا المثال نشاهد أن ممانعة المكثف تتغير بتغير تردد التيار فعند تردد 50 كانت ممانعته 318 أوم ظا وعند تردد 500 ذبذبه / ث كانت ممانعته 31.8 أوم ظا أى أن ممانعته قلت إلى العشر عندما زاد التيار عشرة أضعاف الحاله السابقة أى أن ممانعة المكثف تتناسب عكسياً مع تردد التيار - وهذه النتيجة عكس النتيجة التى حصلنا عليها فى الملفات فإن ممانعة الملف تتناسب طردياً عند زيادة تردد التيار ونستطيع القول أن ممانعة المكثف تزداد بنقص التردد إلى أن تصبح ممانعة المكثف مالا نهاية عند تردد صفر (أى تيار مستمر)

$$\text{ممانعة المكثف عند تردد صفر (تيار مستمر)} = \frac{1}{2\pi \times 0 \times C} = \infty$$



## حساب دوائر التيار المتغير

$$\frac{1}{\frac{1}{2} \times \frac{1}{\infty} \times \frac{1}{\infty}} =$$

$$\infty = \frac{1}{\text{صفر}} =$$

### مثال ٢

مكثفان وصلا بالتوالي سعةهما ١٥ و ٢٠ ميكرو فاراد - وصلا يمتزج تيار متغير ضغطه ٦٠ فولت وتردده ٥٠ هرتز/ثانية أوجد التيار في الدائرة والضغط على طرفي كل من المكثفين.

### الحل :-

$$\frac{1}{\frac{1}{20}} = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{1}{15}} = \frac{1}{\frac{1}{12} + \frac{1}{15}} = \frac{1}{\frac{1}{6}} = 6 \text{ م. ف.}$$

$$\frac{7 \times 10 \times 7}{50 \times 60 \times 22 \times 2} = \text{ممانعة السعة المكافئة للمكثفين}$$

$$= 371,5 \text{ أوم ظا}$$

$$\frac{10}{37} = \frac{10}{15 \times 50 \times 3,14 \times 2} = \text{ممانعة المكثف س١}$$

$$= 212,3 \text{ أوم ظا}$$

$$\frac{610}{62,8} = \frac{610}{20 \times 50 \times 3,14 \times 2} = \text{ممانعة الكثف س٢}$$

$$= 159,2 \text{ أوم ظا}$$

$$\text{ش ل} = \frac{\text{ض}}{\text{م س}} = \frac{100}{371,5} = 0,26 \text{ أمبير}$$

$$\text{ض س١} = \text{ش ل} \times \frac{1}{\omega \text{ س١}} = 0,26 \times 212,3 = 55,198 \text{ فولت}$$

$$\text{ض س٢} = \text{ش ل} \times \frac{1}{\omega \text{ س٢}} = 0,26 \times 159,2 = 41,392 \text{ »}$$

مثال ٣ :

إذا وصلا المكثفان السابقان بالتوازي - فأوجد التيار المار في كل منهما ثم التيار الكلي المار بالدائرة .

$$\text{س ل} = \text{س١} + \text{س٢} = 15 + 20 = 35 \text{ ميكروفاراد}$$

$$\frac{610 \times 7}{35 \times 50 \times 22 \times 2} = \frac{1}{\omega \text{ س}} = \text{الممانعة الكلية}$$

$$= 90,9 \text{ أوم ظا} \quad \text{مع هذا حساب يوضح أن الممانعة الموحدة}$$

$$\text{ش ل} = \frac{100}{90,9} = 1,1 \text{ أمبير}$$

$$\frac{610 \times 100}{15 \times 50 \times 314 \times 2} = \frac{1}{\omega \text{ س١}} = \text{م س١}$$

$$= 212,3 \text{ أوم ظا}$$

$$\frac{610 \times 100}{20 \times 500 \times 314 \times 2} = \frac{1}{\omega} = \text{م س}^2$$

$$= 159,2 \text{ أوم ظا}$$

$$\text{ش س}^2 = \frac{\text{ض}}{\text{م س}^2} = \frac{100}{212,3} = 0,47 \text{ أمبير}$$

$$\text{ش س}^2 = \frac{\text{ض}}{\text{م س}^2} = \frac{100}{159,3} = 0,63 \text{ أمبير}$$

مثال ٤ :-

أوجد ممانعة مكثف سعته ٥ ميكروفاراد عند تردد ٥٠ ذبذبة/ثانية وعند تردد ٥٠٠ ذبذبة/ثانية .

الحل :

$$\frac{610}{20 \times 50 \times 3,14 \times 2} = \text{ممانعة المكثف عند تردد } 50$$

$$= 636 \text{ أوم ظا}$$

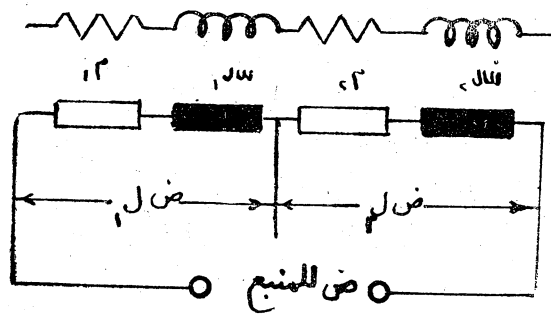
$$\frac{610}{20 \times 500 \times 3,14 \times 2} = \text{ممانعة المكثف عند تردد } 500$$

$$= 63,6 \text{ أوم ظا}$$

١٣٢ خاصا : توصيل الملفات بالتوالي بينبوع تيار متغير :

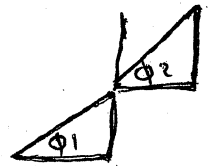
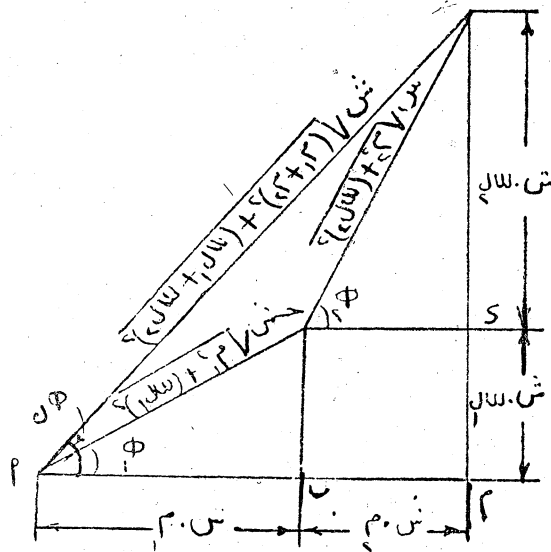
عند توصيل ملفان بالتوالي بينبوع تيار متغير كما في شكل ١ - ٣٠ وكما نعلم أن كل ملف يحتوى على مقاومة مادية ومقاومة تأثيرية فاللف الأول مقاومته

المادية  $R_1$  ومقاومته التأثيرية  $X_{L1}$  والملف الثانى مقاومته المادية  $R_2$  ومقاومته



شكل ٣٠ / ١ توصيل ملفان بالتوالى بينبوع تيار متغير

التأثيرية  $X_{L2}$  - فى هذه الحالة يكون التيار فى جميع أجزاء الدائرة ثابت أى أن :  
 $I_1 = I_2 = I$  حيث  $I_1$  شدة التيار المارة فى الملف الأول و  $I_2$  شدة  
 التيار المارة فى الملف الثانى ويكون التيار فى المقاومات المادية  $R_1$  و  $R_2$  فى  
 إتفاق وجهى مع الضغط أى الزاوية بينهما صفراً - أما التيار فى  $X_{L1}$  فإنه يتأخر



شكل ٣١ / ١ مثلثا الضغوط الملفين متصلين معا بالتوى

عن الضغط زاوية مقدارها  $\phi$  والتيار فى  $X_{L2}$  فإنه يتأخر عن الضغط



و  $\phi$  زاوية تأخر التيار عن الضغط في الملف الأول ،  $\phi$  زاوية تأخر التيار عن الضغط في الملف الثاني .

ومحصلة الوتران  $اح$  ،  $ح ه$  هو الضام  $اه$  الذى يمثل الضغط الكلى للينبوع كما فى شكل ١ - ٣١ .

$$١. اح = ض للملف١ = ش١م٢ + (١ل٢)٢$$

$$٢ اح ه = ض للملف٢ = ش٢م٢ + (٢ل٢)٢$$

$$٣ القطر اه = ض السككية للمنبع = ش١م٢ + (١ل٢)٢ + ش٢م٢ + (٢ل٢)٢$$

وكما سبق القول أن شدة التيار ثابتة فى جميع أجزاء الدائرة - فإنه يمكن حذف ش من طرفى المعادلة وبذلك يمكن رسم موجبات مثلى المقاومات للملفين السابقين كما فى شكل ١ - ٣٢ وفيه :-

$$١ ب = م١ ح = م٢ و ب ح = و ز ه = و ل٢$$

٢. فى المثلث ا ب ح الوتر ا ح = محصلة المقاومات للملف الأول

$$١ ز = م١م٢ + (١ل٢)٢$$

وفى المثلث ح ز ه الوتر ح ه = محصلة المقاومات للملف الثانى

$$٢ ز = م٢م٢ + (٢ل٢)٢$$

وفى المثلث ا م ه فيه ا م = اب + ب م = م١ + م٢

$$٣ فيه م ه = م١م٢ + و ز ه = و ل٢ + و ل٢$$

٤. الوتر اه فى المثلث ا م ه = محصلة المقاومات للملفين معاً

$$٥ و ز = م١م٢ + (١ل٢)٢ + م٢م٢ + (٢ل٢)٢$$

ولإيجاد  $\phi_1$  من المثلث  $ا ب ح$ 

$$\therefore \text{ظا } \phi_1 = \frac{\omega L_1}{R_1}$$

ولإيجاد  $\phi_2$  من المثلث  $ح و ه$ 

$$\therefore \text{ظا } \phi_2 = \frac{\omega L_2}{R_2}$$

ولإيجاد  $\phi$  لك من المثلث  $ا م ه$ 

$$\therefore \text{ظا } \phi = \frac{(\omega L_1) + (\omega L_2)}{R_1 + R_2}$$

مثال :

الرسم يبين ملفان متصلان بالتوالي معاً بشكل ١ - ٣٣ ثم وصلاً بمنبع ضغطه ٢٠٠ فولت أوجد المطالب الآتية : -

(١) المقاومة الكلية للدائرة بالرسم وبالحساب .

(ب) التيار المار بالدائرة .

(ح) الضغط المفقود في كل من الملفين .

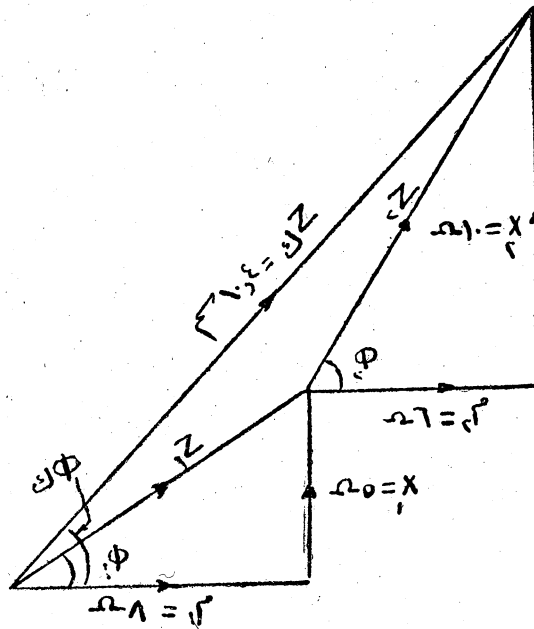
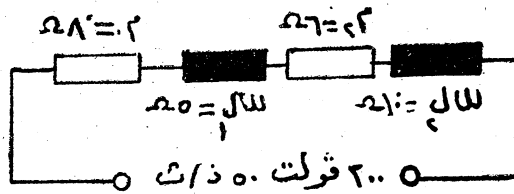
(د)  $\phi$  لكل من الملفين وكذلك المنبع رياضياً وبالرسم .الحل :مجموع المقاومات المادية  $= 8 + 6 = 14$  أوممجموع المقاومات التأثيرية  $= 5 + 10 = 15$  أوم ظا

$$(1) \therefore \phi = \frac{(\omega L_1 + \omega L_2) + (\omega L_2 + \omega L_1)}{R_1 + R_2}$$

$$= 14 \angle 70^\circ + 15 \angle 90^\circ = 22.5 \angle 80^\circ$$

$$\overline{V} = 21,9 \text{ أوم ظا}$$

كل ملف له مقاوم حاد  
الملف الأول  $R_1 = 2 \text{ أوم}$   
الملف الثاني  $R_2 = 2 \text{ أوم}$



شكل ٣٣/١ أعلى مطلوب حساب دائره التوالي التي تتكون من ملفين  
شكل ٣٤/١ أسفل إيجاد المقاداة السككية وكذلك زاوية الوجه السككية (اللينبوع)  
وكذلك زاوية الوجه لسكل من الملفين لدائره التوالي السابقة

$$\frac{200}{30,9} = \frac{V}{Z} = \text{ش ل (ب)}$$

$$= 9,57 \text{ أمبير}$$

$$\overline{V} = 20 + 64 \text{ أوم ظا} = 20 + 28 \text{ أوم ظا}$$

$$\overline{V} = 89 \text{ أوم ظا} = 9,4 \text{ أوم ظا}$$



$$Z \text{ للملف الثاني} = \sqrt{10 + 36} =$$

$$\sqrt{10 + 36} =$$

$$\sqrt{136} = 11,6 \text{ أوم ظا}$$

(ج) صم للملف ١  $= 9,4 \times 9,57 = 90$  فولت « شدة التيار ثابتة فلا الملف »

صم للملف ٢  $= 9,57 \times 11,6 = 111$  فولت

$$\therefore \phi \text{ ظا } 1 = \frac{\omega L_1}{R} = \frac{120}{8} = 15^\circ$$

$$\therefore \phi \text{ من الجداول} = 32^\circ$$

$$\therefore \phi \text{ ظا } 2 = \frac{\omega L_2}{R} = \frac{10}{6} = 16,6^\circ$$

$$\therefore \phi \text{ من الجداول} = 59^\circ$$

$$\therefore \phi \text{ ظا ك} = \frac{\omega L_1 + \omega L_2}{R} = \frac{10 + 10}{8 + 6} =$$

$$= \frac{10}{14} = 1,06 = 42^\circ$$

$$Z \text{ من الرسم} = 4,7 \times 2 = 9,4 \text{ أوم ظا}$$

$$Z \text{ » » } 2 = 8 \times 2 = 16 \text{ أوم ظا}$$

$$Z \text{ ك » » } = 10,4 \times 2 = 20,8 \text{ أوم ظا}$$

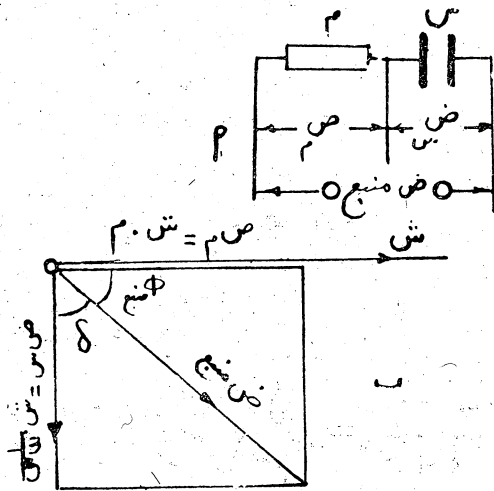
$$\phi \text{ » » } = 32^\circ \text{ من الرسم}$$

(م ٧ - الكهربية)

$$\begin{aligned} \phi \text{ من الرسم } &= \phi \text{ من الرسم } \\ \phi \text{ لـ } &= \phi \end{aligned}$$

١٣٣ - ١ - سار - توصيل مكثف ومقاومة بالتوالي :-

عند توصيل مقاومة مادية  $M$  ، مكثف  $S$  بالتوالي معاً ثم توصيلهما بنبوع تيار متغير كما في شكل ١ - ٣٥ - فإن التيار في  $M$  يكون متفقا مع الضغط والزاوية بينهما صفر والتيار في المكثف يكون متقدماً  $90^\circ$  عن الضغط .



أعلى شكل ١/٣٥ توصيل مقاومة ومكثف بالتوالي بنبوع متغير  
شكل ١/٣٥ ب موجبات  $S$  ( ضغط المقاومة ) ،  $M$  ( ضغط المكثف ) بالدائرة

$$I = I \quad \text{ش} = \text{ش} \quad \phi > 0$$

$$I = I \quad \text{ش} = \frac{1}{\omega S} \times \text{ش} \quad \phi > 90^\circ \text{ تقدم}$$

$$\phi = \frac{I_M \times \text{ش}}{I_S \times \text{ش}} = \frac{I_M}{I_S}$$

$$\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{\omega C} =$$

في الحياة العملية لابد من وجود مقاومة مادية عند توصيل المكثفات في دوائر التيار المتغير وإذا فرضنا عدم وجود مقاومة مادية أي  $C = \infty$  فإن زاوية الوجه بين الضغط والتيار تكون  $90^\circ$  تقدم - أما في حالة إعتبار المقاومة المادية في الدائرة فإن زاوية الوجه  $\phi$  بين التيار والضغط تكون محصورة بين  $0^\circ$  و  $90^\circ$  والزاوية التي بين ضغط المنبع والمستقيم العمودي  $90^\circ$  والتي يرمز لها  $\nabla$  (دلتا) تسمى زاوية الفقد للعازل بين الألواح dielectric loss angle والقدرة المفقودة في ممانعة العزل داخل المكثف تقدر كالتالي : -

القدرة المفقودة في المكثف =  $V^2 \times \tan \delta$  وات .

حيث  $V$  الضغط على طرفي المكثف بالفولت  $\delta$  التردد / ثانية وس سعة المكثف بالفاراد ومن الرسم شكل ١ - ٣٥ - ب

$$V^2 = \left( \frac{1}{\omega C} \right)^2 + R^2$$

$$V = \sqrt{\left( \frac{1}{\omega C} \right)^2 + R^2}$$

$$\therefore Z = \sqrt{\left( \frac{1}{\omega C} \right)^2 + R^2}$$

١٣٤ - سابعا : - توصيل المقاومة والحث والسعة في دوائر التيار

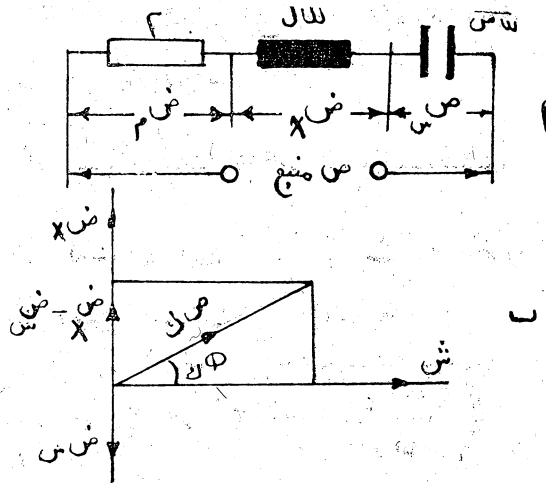
المنفصل بالتوالي : -

كما سبق القول في دوائر التوالي يكون التيار في جميع أجزاء الدائرة ثابتاً

أى أن : -

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

ويكون التيار في إثنان وجهى مع الضغط في المقاومة المادية ويكون التيار



أسفل شكل ١/٣٦ توصيل مقاومة وحث وسعة بالتوالي  
شكل ١/٣٦ ب موجبات ضغط المقاومة والحث والسعة في دائرة التوالي

متاخر عن الضغط في المقاومة التأثيرية ويكون التيار متقدماً على الضغط في  
المقاومة السعيرية أى أن  $V_L$  ،  $V_C$  بينهما زاوية مقدارها  $180^\circ$  كما في شكل  
١ - ٣٦ - ب أى أن محصلة الضغط على أطرافهما  $V_L - V_C$  -  $V_C$  ويكون  
صهك المحصلة بين  $V_L$  و  $V_C$  و  $V_C$  .

$$\therefore \text{ض ك} = \sqrt{{\text{ش}}^2 \cdot \text{م}^2 + {\text{ش}}^2 \left( \frac{1}{\omega \text{س}} - \text{ل} \omega \right)^2}$$

$$\text{ش} = \sqrt{{\text{ش}}^2 \cdot \text{م}^2 + {\text{ش}}^2 \left( \frac{1}{\omega \text{س}} - \text{ل} \omega \right)^2}$$

وبقسم  $\frac{\text{ص ك}}{\text{ش}}$  نحصل على Z ك

$$\therefore \text{Z ك} = \sqrt{{\text{ش}}^2 \cdot \text{م}^2 + {\text{ش}}^2 \left( \frac{1}{\omega \text{س}} - \text{ل} \omega \right)^2}$$

مثال :

عند توصيل مقاومة ٦ أوم ، وحث مقاومته ١٠ أوم ظا وسعة ممانعتها ٢ أوم ظا بالتوالي ووصلت الدائرة بينبوع متغير ضغطه ١٢٠ فولت و ٥٠ ذبذبة/ثانية أوجد شدة التيار وكذلك الضغط المفقود في كل مقاومة .

الحل :

$$\text{Z} = \sqrt{{\text{ش}}^2 \cdot \text{م}^2 + {\text{ش}}^2 \left( \frac{1}{\omega \text{س}} - \text{ل} \omega \right)^2}$$

$$= \sqrt{{\text{ش}}^2 \cdot 6^2 + {\text{ش}}^2 (2 - 10)^2} = 100 \text{ ص} = 10 \text{ أوم ظا}$$

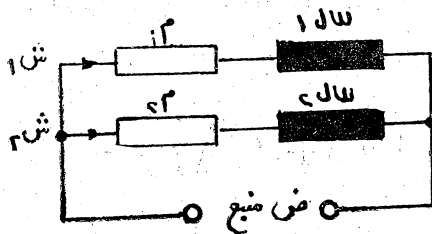
$$\therefore \text{س} = \frac{\text{ص}}{\text{Z}} = \frac{120}{10} = 12 \text{ أمبير}$$

$$\text{ض م} = \text{س} \cdot \text{م} = 12 \times 6 = 72 \text{ فولت}$$

$$\text{ض ل} = \omega \cdot \text{ل} = 12 \times 10 = 120 \text{ فولت}$$

$$\text{ض س} = \frac{1}{\omega \text{س}} = \frac{1}{2 \times 12} = 24 \text{ فولت}$$

١٣٥ ثامناً : توصيل الملفات بالتوازي في دوائر التيار المتغير :



عند توصيل ملفان بالتوازي  
بينوع تيار متغير كما في شكل  
٣٧-١ فإن الضغط الواقع على  
الملف الأول هو الضغط الواقع  
على الملف الثاني هو نفسه ضغط  
المنبع .

شكلي ٣٧/١ توصيل ملفان بالتوازي بينوع متغير

$$\therefore \text{صه ملف ١} = \text{صه ملف ٢} = \text{ض للمنبع}$$

$$\therefore \text{ل} = \frac{\text{ض ل}}{\sqrt{(\omega \text{ل})^2 + \text{م}^2}} > \text{تأخر } \phi_1$$

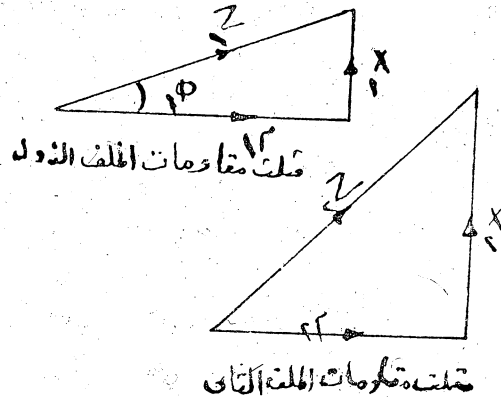
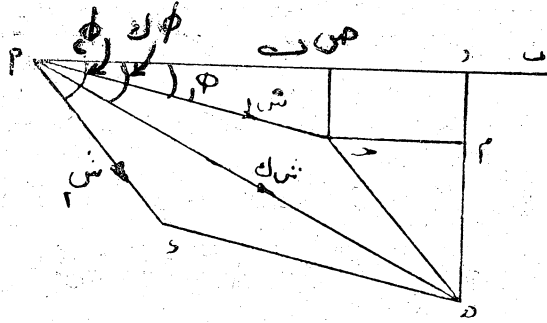
$$\text{ل} = \frac{\text{ض ل}}{\sqrt{(\omega \text{ل})^2 + \text{م}^2}} > \text{تأخر } \phi_2$$

ويكون التيار متأخراً عن الضغط في الملف الأول بزاوية مقدارها  $\phi_1$  ويكون  
التيار متأخراً عن الضغط في الملف الثاني بزاوية مقدارها  $\phi_2$

$$\text{ظا } \phi_1 = \frac{\omega \text{ل}}{\text{م}} \quad \text{ظا } \phi_2 = \frac{\omega \text{ل}}{\text{م}}$$

ولإيجاد قيمة شدة التيار الكلية يتبع ما يأتي :

يرسم المستقيم  $ab$  يمثل ضغط المنبع شكل ١ - ٣٨ ويرسم المستقيم  $ac$



مثلت مثلثات المثلث الثاني

١ / ٣٨ أعلى موجبات التيار في كل فرع وكيفية إيجاد شدة التيار الكلية وأسهل مثلثي المقادير للمثلثين

يمثل شدة التيار في الفرع الأول  $I_1$  ويصنع ضغط المنبع  $ab$  زاوية مقدارها  $\phi$  وهي زاوية تأخر التيار عن الضغط في الفرع الأول ويرسم المستقيم  $ac$  يمثل  $I_2$  ويصنع مع ضغط المنبع زاوية مقدارها  $\phi$  ثم يكمل متوازي الإضلاع  $ac$   $cd$  ويرسم قطر متوازي الأضلاع  $ad$  الذي يمثل شدة التيار الكلية  $I$  حيث  $I$  له محصلة شدتي التيار  $I_1$  و  $I_2$ .

وتكون الزاوية المحصورة بين  $ab$  و  $ad$  (قطر متوازي الأضلاع).

هى الزاوية بين شدة التيار الكلية وضغط الينبوع أى  $\Phi$  لـ .

ولإيجاد محصلة  $\Phi_1$  ، شـ<sub>٢</sub> رياضياً يتبع ما يأتى :

$$\text{سـ لـ} = \sqrt{\text{سـ}_1^2 + \text{سـ}_2^2 + 2\text{سـ}_1\text{سـ}_2 \cos \Phi_1} \quad (\text{الزاوية المحصورة بين سـ}_1 \text{ و سـ}_2)$$

الزاوية المحصورة بين  $\text{سـ}_1$  و  $\text{سـ}_2$   $\Phi_1 - \Phi_2$  حيث  $\Phi_2$  أكبر من  $\Phi_1$

وإذا رمزنا للزاوية المحصورة بين شـ<sub>١</sub> و شـ<sub>٢</sub> بالرمز  $\Phi$  فإن القانون يكون :

$$\text{ش لـ} = \sqrt{\text{ش}_1^2 + \text{ش}_2^2 + 2\text{ش}_1\text{ش}_2 \cos \Phi}$$

$$\text{أو ش لـ} = \sqrt{(\text{ش}_1 \cos \Phi_1 + \text{ش}_2 \cos \Phi_2)^2 + (\text{ش}_1 \sin \Phi_1 + \text{ش}_2 \sin \Phi_2)^2}$$

ولإيجاد  $\Phi$  من الرسم شكل ١ - ٣٨

$$\Phi = \cos^{-1} \frac{\text{و هـ}}{\text{ا و} + \text{ا هـ}} = \cos^{-1} \frac{\text{و هـ}}{\text{م م} + \text{م هـ}}$$

$$= \frac{\text{سـ}_1 \cos \Phi_1 + \text{سـ}_2 \cos \Phi_2}{\text{سـ}_1 \cos \Phi_1 + \text{سـ}_2 \cos \Phi_2}$$

$$\text{ويمكن إيجاد } \Phi = \cos^{-1} \frac{\text{ص لـ}}{\text{سـ لـ}}$$

مثال : -

شكل ١ - ٣٩ يبين ملفان متصلان بالتوازي والمطلوب إيجاد المطالبات الآتية

إذا علم أن ضغط المنبع = ١٠٠ فولت وتردده ٥٠ هرتز :

(أ) شدة التيار فى الفرع الأول وفى الفرع الثانى

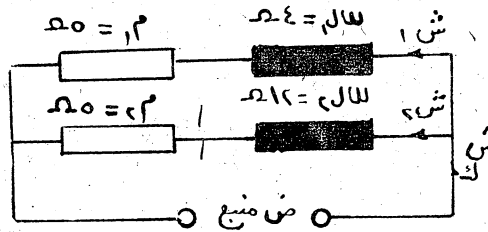
(ب) إيجاد شدة التيار الكلية .



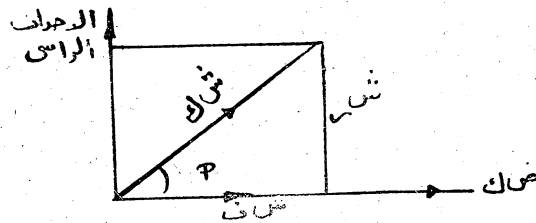
(ح) إيجاد  $\phi$  لكل من الملفين وكذلك  $\phi$  للمجموع

(د) إيجاد المقاومة الكلية للدائرة .

شكل ٣٩/١



شكل ٤٠/١



شكل ٣٩-١ حساب دائرة تحتوي على ملفين متصلين بالتوازي ومتصلة الدائرة بينوع متغير  
شكل ٤٠-١ تحليل المقادير إلى مركبات أفقية ورأسية

الحل :

$$(1) \quad V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = 14.14 \text{ أم} \quad \text{ظا}$$

$$V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = 14.14 \text{ أم} \quad \text{ظا}$$

$$\therefore \cos \phi = \frac{10}{14.14} = 0.707 \quad \text{أميز}$$

$$\therefore \sin \phi = \frac{10}{14.14} = 0.707$$

$$(ب) \quad \phi = \cos^{-1} 0.707 = 45^\circ \quad \therefore \phi = 45^\circ$$

$$^{\circ} 67 \quad ^{\circ} 23 = 2\phi \quad \therefore 2,4 = \frac{12}{5} = 2\phi$$

$$^{\circ} 45 \quad ^{\circ} 35 = ^{\circ} 21 \quad ^{\circ} 48 - ^{\circ} 67 \quad ^{\circ} 23 = 2\phi - 1\phi = \phi \quad \therefore$$

$$\text{س. ٢} + \text{س. ٢} + \text{س. ٧} = \text{س. ١١} \quad \therefore$$

$$^{\circ} 45 \quad ^{\circ} 35 \times 7,68 \times 9,29 \times 2 + (7,68)^2 + (9,29)^2 \sqrt{=} \text{س. ١١}$$

$$100 + 59 + 86,3 \sqrt{=}$$

$$10,6 \text{ أمبير} = 240,3 \sqrt{=}$$

φ يمكن إيجادها بالقانون الآتي : -

$$\frac{\text{س. ١ جا } 1\phi + \text{س. ٢ جا } 2\phi}{\text{س. ١ جتا } 1\phi + \text{س. ٢ جتا } 2\phi} = \phi$$

$$\frac{^{\circ} 67 \quad ^{\circ} 23 \text{ جا } 7,68 + ^{\circ} 21 \quad ^{\circ} 48 \text{ جا } 9,29}{^{\circ} 67 \quad ^{\circ} 23 \text{ جتا } 7,68 + ^{\circ} 21 \quad ^{\circ} 48 \text{ جتا } 9,29} =$$

$$\frac{(0,9230 \times 7,68) + (0,3714 \times 9,29)}{(0,3858 \times 7,68) + (0,9285 \times 9,29)} =$$

$$\frac{10,50}{11,60} = \frac{7,06 + 3,44}{2,95 + 8,65} = \phi \quad \text{ظا } \phi$$

$$^{\circ} 42 \quad ^{\circ} 18 = \phi \quad \text{ظا } \phi$$

## ١٣٥٨ تحليل مركبات المفادير بالمواصفات :

عند تحليل دوائر التيار المتغير يجب ملاحظة أن الكميات لا يمكن أخذها حسابياً بل يجب أن يؤخذ في الاعتبار علاقة الوجه أى الزاوية بين الكميات التى ليست فى اتجاه واحد وكما نعلم أن الضغط الكلى مقسوماً على الممانعة الكلىية للدائرة يعطينا القيمة الفعلية للتيار أى أن 
$$I = \frac{V}{Z} \text{ ش } I - \text{ إلا أن الممانعة}$$
 المركبة يجب مراعاة زاوية الوجه لكل جزء من أجزائها ويمكن اعتبار الممانعة الكلىية تتكون من عدة مركبات لكل منها حالة خاصة بالنسبة لزاوية الوجه حتى يمكن تقدير التيار الكلى فى وضعه الصحيح ويمكن تحليل أى كمية إلى مركباتها الأساسية حيث يمكن تحليل الكمية الموجهة بالأبعاد الأحداثية المركبة .

فى شكل ١ - ٤٠ يمثل كمية موجهة تمثل التيار الكلى فى الدائرة ش  $I$  يصنع مع الضغط الكلى ص  $E$  زاوية مقدارها  $\phi$  ويمكن تحليل هذه الكمية إلى مركبتين إحداها أفقية وتطبق على موجه الضغط ص وتسمى مركبة التيار الفعال أو تيار الإحداث الأفقى .

أى تيار الطاقة المستهلكة Active or energy current ويرمز لها بالرمز ش  $I$  .

حيث ش  $I = I \cos \phi$  .

والمركبة الثانية تكون عمودية مع موجة الضغط مركبة مربع رد الفعل Reactive Quadrature أو تيار اللاقدرة Wattless current ويرمز له بالرمز ش  $I_r$  .

حيث أن ش  $I_r = I \sin \phi$

ومن قانون أوم لدوائر التيار المتغير نعلم أن :

$$\frac{صك}{Z} = صك \text{ ويتبع ذلك أن : -}$$

$$\frac{ول}{Z} = \phi \text{ حا } \frac{م}{Z} = \phi$$

ولاستعمال الصور السابقة للقوانين نجد أن :

$$صم = صك \text{ حا } \phi = \frac{ول}{Z} \times \frac{صك}{Z} = \frac{م}{Z} \text{ حا } \left( \frac{م}{Z} \right) صك$$

وبالمقارنة مع قوانين التيار المستمر نجد أن  $صم = \text{الركبة الأفقية للضغط}$   
(صم)

∴  $صم = صم$  والنسبة  $\frac{م}{Z}$  يمكن أن تحل محل الركبة الأفقية .

أى أن  $صم = صم$

$$\frac{ول}{Z} \text{ حا } \left( \frac{ول}{Z} \right) صك = \frac{ول}{Z} \times \frac{صك}{Z} = \phi \text{ حا } صك = صر$$

ولإحلال الركبة الرأسية محل  $\frac{ول}{Z}$

فإن  $صم = \text{الركبة الرأسية للضغط (ض ر)}$

أى أن  $صم = صر$

$$\text{وحيث أن } صم = \frac{صك}{Z} = \frac{1}{Z} \text{ حا } \left( \frac{1}{Z} \right) \text{ ويمكن إحلال}$$

لمقدار  $\frac{1}{Z}$  بدلا من  $\frac{1}{Z}$  أى أن  $صم = صك$  .

حيث السمية ف = التوصيل Conductance

6 » س = الممانعة Susceptance

6 » ل = مدة القبول admittance

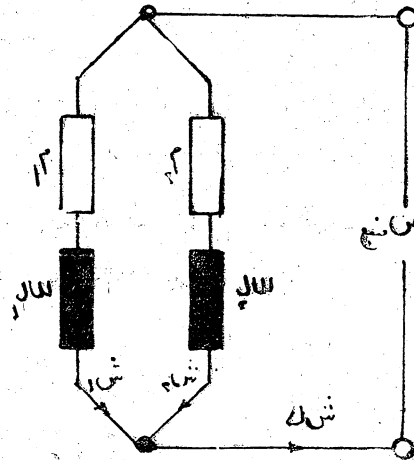
في الشكل ١ - ٤٠ الذي يمثل التيار ومركباته س ٦ س ٦ س ٦

حيث  $S_1 = S_2 + S_3$  أو  $S_1 = S_2 + S_3$

$$\frac{S_1}{V} = \text{المركبة الأفقية ف}$$

$$S_1 = \frac{S_1}{V}$$

$$\frac{S_1}{V} = \text{المقدار ل}$$

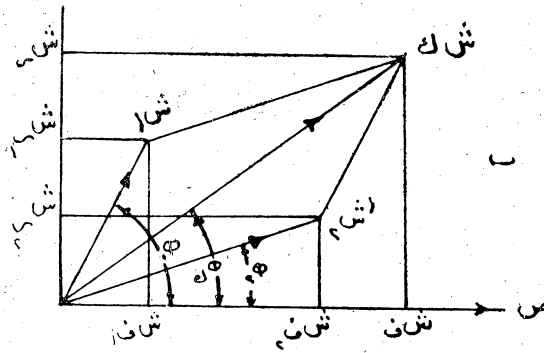


شكل ١ - ٤٠ دائرة توازي كل فرع فيها يحتوي على مقاومة مادية وممانعة تانيدية

والرسم يوضح تحليل المركبات الرأسية والأفقية في دائرة توازي .

شكل ١ - ٤١ - أ توصيل ملفان يحتويان على مقاومة مادية ومقاومة تأثيرية متصلان بالتوازي .

شكل ١ - ٤١ ب يبين تحليل المركبات الرأسية والأفقية لتيار كل فرع و التيار الكلي .



شكل ١/٤١ ب تحليل المركبات الرأسية والأفقية لتيار كل فرع وكذلك التيار الكلي ومركبات الرأسية الأفقية .

مثال ٢ : -

شكل ١/٤٢ - دائرة توازي في كل فرع ملف كل منها تحتوي على مقاومة مادية ومقاومة تأثيرية  $م١ = ١$  أوم  $ل١ = ٠,٠١$  هنري  $م٢ = ٣$  أوم  $ل٢ = ٠,٠٢$  هنري وضغط الينبوع ١٢٧ فولت ، ذبذبة / ثانية - إحسب التيار في كل فرع وكذلك التيار الكلي .

الحل ٢ : -

$$V = \sqrt{V_{م١}^2 + V_{ل١}^2} + \sqrt{V_{م٢}^2 + V_{ل٢}^2}$$

$$V = \sqrt{(0.01 \times 50 \times 3.14 \times 2)^2 + 4^2} = 5.075 \text{ أوم ظا}$$

$$\overline{V^2} + \overline{I^2} Z^2 = \overline{V^2}$$

$$6,90 = \overline{V^2} + \overline{I^2} Z^2 = \overline{V^2} + \overline{I^2} (0,02 \times 50 \times 3,14 \times 2) = \overline{V^2} + \overline{I^2} 6,28$$

$$38^\circ = \phi \dots 0,788 = \frac{4}{0,075} = \frac{I}{Z} = I \text{ جتا } \phi$$

$$62^\circ 20' = \phi \dots 0,432 = \frac{3}{6,90} = \frac{I}{Z} = I \text{ جتا } \phi$$

$$25 \text{ أمبير} = \frac{127}{0,075} = \frac{V}{Z} = V$$

$$18,3 \text{ أمبير} = \frac{127}{6,90} = \frac{V}{Z} = V$$

$$\text{شك} = V \text{ ش } \phi_1 + I \text{ ش } \phi_2 + \text{جتا الزاوية المحصورة } (\phi \text{ ف})$$

$$\phi \text{ ف} = 62^\circ 20' - 38^\circ = 24^\circ$$

$$V = \overline{V^2} + \overline{I^2} Z^2 = \overline{V^2} + \overline{I^2} (0,02 \times 50 \times 3,14 \times 2) = \overline{V^2} + \overline{I^2} 6,28$$

$$24^\circ = \phi \text{ ف}$$

$$= 42,2 \text{ أمبير}$$

$$\therefore Z = \frac{127}{42,2} = 3 \text{ أوم ظا}$$

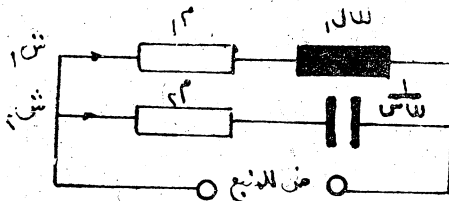
$$\text{ظا } \phi = \frac{I \text{ ش } \phi_1 + I \text{ جتا } \phi_2}{I \text{ ش } \phi_1 + I \text{ جتا } \phi_2}$$

$$\frac{(20 \times 38) + (18.3 \times 20)}{(20 \times 38) + (18.3 \times 20)} =$$

$$1.10 = \frac{20.2}{21.7} =$$

$$\therefore \phi = 49.15^\circ$$

١٣٦ : — توصيل ملف ومكثف بالتوازي في دوائر التيار المتغير :



في الدائرة المبينة شكل ٤٢-١

يحتوى الفرع الأول على مقاومة

مادية  $R_1$  وممانعة تأثيرية  $X_{L1}$

والفرع الثانى يحتوى على مقاومة

شكل ٤٢/١ دائرة توازى بها الفرع الأول

مادية  $R_2$  وممانعة سمية  $X_{C1}$  يحتوى على ملف والفرع الثانى يحتوى على مكثف ومقاومة مادية .

وكما سبق القول يكون الضغط ثابت على طرفى كل فرع ويساوى ضغط المذبذب .

$$V_{ش١} = \frac{V}{\sqrt{(R_1)^2 + (X_{L1})^2}} > \phi$$

$$V_{ش٢} = \frac{V}{\sqrt{\left(\frac{1}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_{C1}}\right)^2}} > \phi$$

يكون التيار  $I_1$  متأخراً عن الضغط في الفرع الأول بزاوية مقدارها  $\phi$

والتيار  $I_2$  متقدماً عن الضغط في الفرع الثانى بزاوية مقدارها  $\phi$

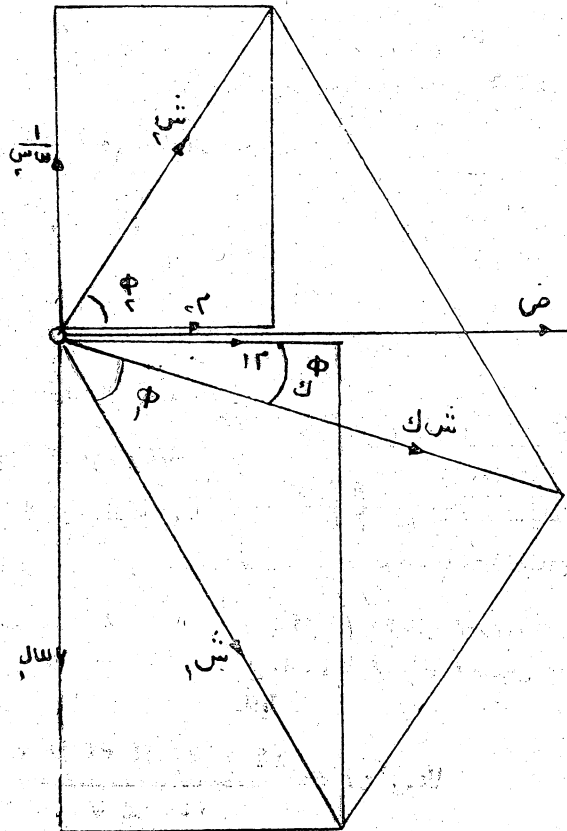


$$\frac{1}{\omega L} = \phi_1 \text{ حيث ظا } \phi_1$$

$$\phi_2 \text{ ظا } \phi_2 = \frac{1}{\omega C} \div R$$

$$\frac{1}{\omega C R} = \frac{1}{\omega C} \times \frac{1}{R} =$$

ولإيجاد قيمة شدة التيار الكلية برسم ش ١ شكل ٤٣ - ٤٣ ميل على الضغط



شكل ٤٣/١ رسم الموجات لتيار كل فرع وكذلك التيار الكلي لدائرة توازي تحتوي على  
مكثف والسكف ومقاومة مادية (م ٤ - الكهربية)

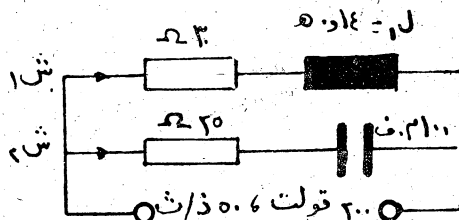
بزواوية مقدارها  $\phi$  تأخر أى أسفل خط الضغط ويرسم  $\phi$  يميل عن الضغط  
بزواوية مقدارها  $\phi$  تقدم أى أعلى خط الضغط ثم يكمل متوازي الأضلاع بحيث  
يرسم موازى لشدة التيار سهم وموازى لشدة التيار سهم ويكون قطر هذا  
المتوازى وهو سهم يمثل شدة التيار الكلية وتكون الزاوية المحصورة بين سهم  $\phi$   
و ص تمثل زاوية الوجه للنبوع أى  $\phi$ .

إذا كان المستقيم سهم أسفل الأحداث الأفقى خط الضغط فإن  $\phi$  تكون  
زاوية تأخر وإذا كان المستقيم سهم أعلى الأحداث الأفقى فإن  $\phi$  تكون  
زاوية تقدم.

ويمكن تطبيق جميع القوانين السابق إستعمالها فى الحالة للمسابقة فيما عدا  
الزاوية المحصورة بين سهم  $\phi$  سهم  $\phi$  تكون : —

$$\phi + \phi = \phi$$

مثال : —



أوجد شدة التيار الكلية  
وزاوية الوجه بين كل من الضغط  
والتيار الكلى للدائرة المبينة فى  
شكل ١ - ٤٤ .

شكل ١ / ٤٤ دائرة توازى أحد فرعيها يحتوى  
على مانع والفرع الثانى يحتوى على مكثف ومقاومة  
مادية .

الحل :

$$Z_{44} = \frac{14 \times 50 \times 22 \times 2}{100 \times 7} = 44 \text{ أوم ظا}$$

$$Z_{31.8} = \frac{1}{\frac{1}{100 \times 50 \times 3.14 \times 2}} = 31.8 \text{ أوم ظا}$$

$$Z_1 \text{ للفرع الأول } = \sqrt{L} + \sqrt{M} = \sqrt{44} + \sqrt{30} \sqrt{V} =$$

$$= 1936 + 900 \sqrt{V} = 53,2 \text{ أوم ظا}$$

$$Z_2 \text{ للفرع الثاني } = \sqrt{\left(\frac{1}{C}\right)} + \sqrt{M} = \sqrt{(31,8)} + \sqrt{25} \sqrt{V} =$$

$$= 1011,2 + 625 \sqrt{V} = 40,5 \text{ أوم ظا}$$

$$\therefore \text{أمبير } 3,7 = \frac{200}{53,2} = \frac{\text{سك}}{Z_1}$$

$$\text{أمبير } 4,9 = \frac{200}{40,5} = \frac{\text{سك}}{Z_2}$$

$$\therefore \text{سك} = \sqrt{3,7^2 + 4,9^2} + \sqrt{M} = \sqrt{3,7^2 + 4,9^2} + \sqrt{25} \sqrt{V} =$$

$$\phi_1 + \phi_2 = \phi$$

$$\text{طا } \phi = \frac{44}{3} = 1,47 \therefore \phi = 54^\circ \text{ تأخر } 55^\circ$$

$$\text{طا } \phi = \frac{31,8}{25} = 1,27 \therefore \phi = 48^\circ \text{ تقدم } 51^\circ$$

$$\therefore \text{الزاوية المحصورة } \phi = 54^\circ - 48^\circ + 51^\circ - 42^\circ = 10,7^\circ$$

$$\therefore \text{سك} = \sqrt{3,7^2 + 4,9^2} + \sqrt{25} \sqrt{V} = \sqrt{3,7^2 + 4,9^2} + \sqrt{25} \sqrt{V} =$$

$$= 13,69 \sqrt{V} + 36,26 \text{ حقا } 18 \sqrt{V} =$$

$$= 13,69 \sqrt{V} + 11,02 - 24 = 26,69 \sqrt{V} = 5,1 \text{ أمبير}$$

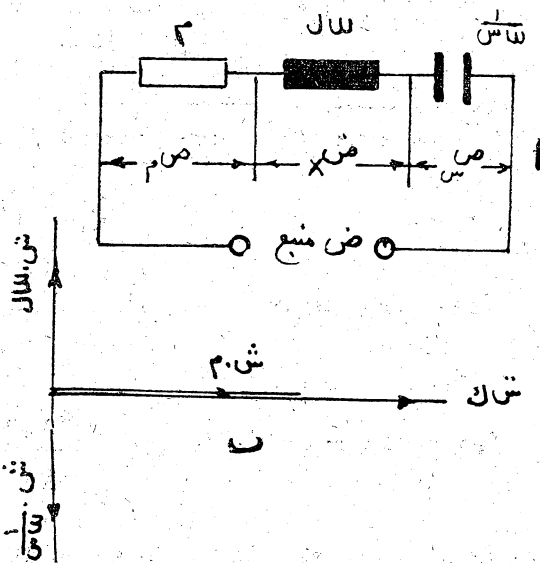
$$\frac{\phi_1 \text{ ح } 1 + \phi_2 \text{ ح } 2}{\phi_1 \text{ جتا } 1 + \phi_2 \text{ جتا } 2} = \phi$$

$$\frac{(0,7859 \times 4,9) + (0,8231 \times 3,7)}{(0,6184 \times 4,9) + (0,5606 \times 3,7)} =$$

$$\phi = 54^\circ 55' - 45^\circ = 9^\circ 6'$$

١٣٧ : - عاكساً - حالة التوافق او الرنين : - Resonance

١٣٧ اولا : - حالة التوالي ( أى التوافق الضغطى ) :-



شكل ١ / ٤٥ دائرة توالي في حالة توافق عند تساوى  $\frac{1}{\omega C}$  و  $\omega L$

شكل ١ / ٤٥ ت موجات الضغط في حالة التوافق بالنسبة لكل من المكثف والملف والمقاومة المادية .

في حالة توصيل ممانعة سعوية مع ممانعة استقاجية بالتوالي كما في شكل ١-٤٥

$$\text{فإن } \text{صه المنبع} = \text{صه} \sqrt{\left( \frac{1}{\omega \text{سي}} - \omega \text{ل} \right)^2}$$

$$\text{أى أن } Z = \sqrt{\left( \frac{1}{\omega \text{سي}} - \omega \text{ل} \right)^2} + \text{صه} \sqrt{\text{م}^2}$$

وترى من هذه المعادلة أنه عندما تكون  $\omega \text{ل}$  أكبر من  $\frac{1}{\omega \text{سي}}$  فإن التيار

يكون متأخراً عن الضغط وعندما تكون  $\frac{1}{\omega \text{سي}}$  أكبر من  $\omega \text{ل}$  فإن التيار

يكون متقدماً على الضغط - ولكن عندما تتساوى  $\omega \text{ل}$  مع  $\frac{1}{\omega \text{سي}}$  فإن التيار

يكون في إتفاق وجهى مع الضغط وبذلك تكون  $\omega \text{ل} = \frac{1}{\omega \text{سي}}$

أى أن  $\text{صه سي} = \text{صه ل}$  ويكون  $\text{صه م} = \text{صه منبع}$ .

أى أن  $\text{صه ل} = \frac{\text{صه منبع}}{\text{م}^2}$  حيث يتلشى تأثير كل من الممانعة الإستنتاجية

والممانعة السعوية ويكون التيار نهاية عظمى ويقال في هذه الحالة أن الدائرة في حالة توافق توالى أو توافق ضغطى .

ويمكن الحصول على حالة التوافق السابقة بتغيير تردد المنبع مع ثبات كل من  $\text{ل}$  و  $\text{سي}$  أو بتغير أحدهما أى الإستنتاج النفس أو السعة كما هو حادث في دوائر التوافق في أجهزة الإستقبال اللاسلكية .

ويلاحظ في الحالة الأولى عند تغير تردد المنبع فإن الممانعة الإستنتاجية تأخذ

في الزيادة كلما زاد التردد لأن ممانعتها  $= 2 \pi \text{ ط ت ل}$  - وتأخذ الممانعة السعوية في النقصان كلما زاد التردد - ولكن بدرجة أسرع من ارتفاع المقاومة الأولى

$$\text{حيث أن الممانعة السعوية} = \frac{1}{2 \pi \text{ ط ت س}}$$

وعند تساوى الممانعة الإستنتاجية مع الممانعة السعوية يقال أن الدائرة في حالة توافق ويسمى التردد الذى يحدث ، توافقاً في الدائرة باسم تردد التوافق .

$$\text{أى أن } \omega \text{ ل} = \frac{1}{\text{ت س}}$$

$$\therefore \omega \text{ ل} = \frac{1}{\text{ل س}}$$

$$\therefore \omega \text{ ل س} = \frac{1}{\text{ل س}}$$

$$\text{وحيث أن } \omega \text{ ل} = 2 \pi \text{ ط ت}$$

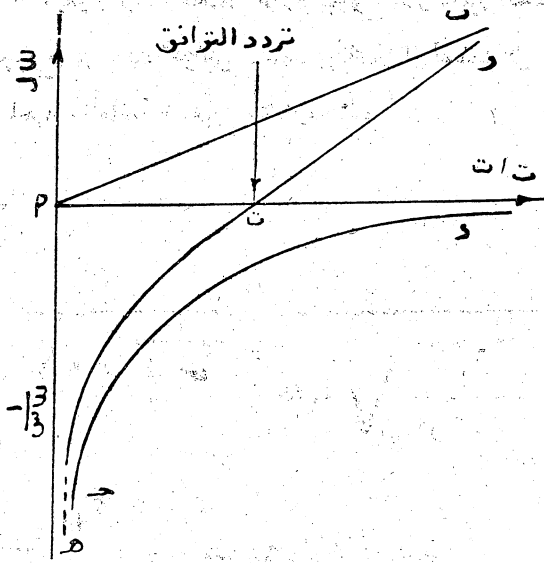
$$\therefore \text{ت} = \frac{1}{2 \pi \text{ ط ل س}} \text{ حيث ت هو تردد التوافق}$$

ل الإستنتاج النفس بالهنرى و س سعة المكثف بالفاراد .

وكما سيأتى في المثال اللاحق نجد أن الضغط على طرفى كل من المقاومة الإستنتاجية والمقاومة السعوية أضعاف الضغط الأصيل .

وإذا رسمنا إحدائنا رأسياً يمثل المقدار  $\omega \text{ ل}$  أى  $2 \pi \text{ ط ت ل}$  ورسمنا إحدائنا أفقياً يمثل عدد الترددات في الثانية فإن الأحداث الذى يربط العلاقة بين هاتين الكميتين

عبارة عن خط مستقيم  $١ ب$  . يمر بنقطة الأصل  $١$  وإذا رسمنا خطاً بيانياً للكمية  $\frac{١}{\omega S}$  أى  $\frac{١}{٢ ط س}$  نجده عبارة عن منحنى قطع زائد  $ح د$  كما هو واضح في شكل  $١ - ٤٦$  - ولو أوجدنا منحنى المجموع الجبرى للمقدارين  $ب د$   $\frac{١}{\omega S}$  لننتج  $هـ$  والذى يقطع الإحداث الأفقى عند نقطة  $ت$  - ومعنى هذا أن



شكل  $١ - ٤٦$  منحنيات الممانعة الحثية والممانعة السعوية وكذلك منحنى التوافق لهما معا وكذلك تردد التوافق .

محصلة المقاومتين  $ب د$  عند هذه النقطة يساوى صفر وتسمى النقطة  $ت$

تردد التوافق لهاتين المقاومتين - وإذا زاد التردد عن هذا الحد فإن مقاومة الدائرة تأخذ في الارتفاع مرة أخرى كلما زاد تردد التيار إلى أن يأتى وقت يكون فيه التيار قريباً من الصفر - وتكون الممانعة السعوية أقرب إلى الصفر - بينما يكون الضغط على طرفي الممانعة الإستنتاجية يساوى الضغط المعطى للدائرة ( ضغط الينبوع ) .

وإذا كانت المقاومة المادية في حالة التوافق صغيرة - فإن التيار يكون عالي القيمة ويكون الضغط على طرفي الممانعة الحثية والضغط على المكثف عالياً كذلك لدرجة قد تسبب كسر المواد العازلة .

مثال : -

ملف مقاومته المادية ٥ أوم وإستنتاجه النفس ٠,٦ هنرى وصل بالتوالي مع مكثف سعته ١٠ ميكروفاراد وصلت الدائرة بيمنبوع تيار متغير ضغطه ٢٠٠ فولت وكان التردد لليمنبوع هو تردد التوافق - احسب التيار والضغط على طرفي كل من الممانعة الإستنتاجية والممانعة السعوية والمقاومة المادية .

الحل : -

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{5^2 + (6.28 - 10)^2} = 3.6$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{3.6} = 55.56 \text{ أمبير}$$

$$V_R = I \times R = 55.56 \times 5 = 277.8 \text{ فولت}$$

$$V_L = I \times X_L = 55.56 \times 6.28 = 349.1 \text{ فولت}$$

$$V_C = I \times X_C = 55.56 \times 10 = 555.6 \text{ فولت}$$



$$\text{صه ل} = \text{ش} \times \omega \text{ ل} = ٤٠ \times ٢ \times ٣,١٤ \times ٦٥ \times ٠,٦$$

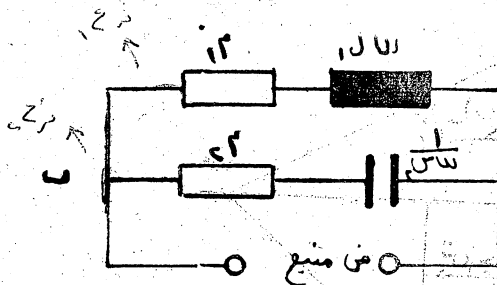
$$= ٩٧٩٧ \text{ فوات}$$

$$\therefore \text{صه مم} = ٤٠ \times ٥ = ٢٠٠ \text{ فولت}$$

ومن هذا نشاهد أن الضغط على طرفي الممانعة الإستنتاجية يساوى الضغط على طرفي الممانعة السعوية ولذلك يسمى توافق ضغطي أما التسمية بأنه توافق توالي لأن الممانعتين متصلتين بالتوالي .

ونلاحظ كذلك أن الضغط على أطراف الممانعتين قريب من ١٠٠٠٠ فولت أي يساوى ضغط الينبوع ٥٠ مرة وذلك التوافق التوالي غير مرغوب فيه بالنسبة لما يسببه هذا الضغط من خطر على الأجهزة وهذه الملاحظة تدعنا ننصب فقط في دوائر القوى الكهربائية - ولكنها صفة مرغوب فيها جداً في التيارات الضعيفة كما في أجهزة اللاسلكي أما توافق دوائر التوازي مرغوب فيه لأن التيار الكلي يكون أقل مما يمكن كما سيأتي شرحه .

٢٣٨١ ثانياً : — هات التوافق التوازي ( أى التوافق التباري ) :



شكل ١/٤ ب دائرة توازي فيها الفرع

الاول به  $\text{م}$  ،  $\text{د}$  ل ، والفرع الثاني به  $\text{م}$  ،

في الرسم شكل ١ - ٤٦

ب دائرة - توازي في الفرع

الأول ممانعة إستنتاجية  $\omega \text{ ل}$

ومقاومة مادية  $\text{م}$  وفي الفرع

الثاني ممانعة سعوية  $\frac{1}{\omega \text{ م}}$

ومقاومة مادية  $\text{م}$  وكان علم في دوائر

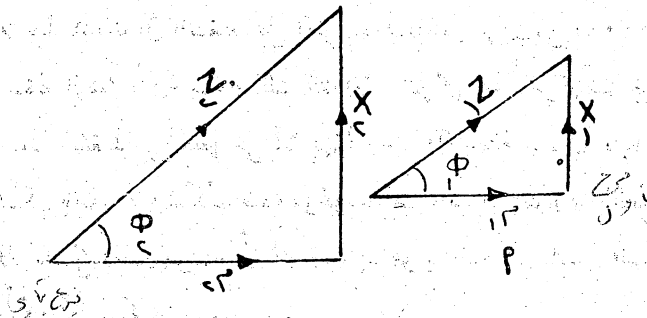
التوازي يكون الضغط على كل

فرع هو ضغط الينبوع فإذا رسمنا

إحداثا أفقيا يمثل الضغط - وكما سبق أن عرفنا في حالة التوافق التوالى فإنه يتم

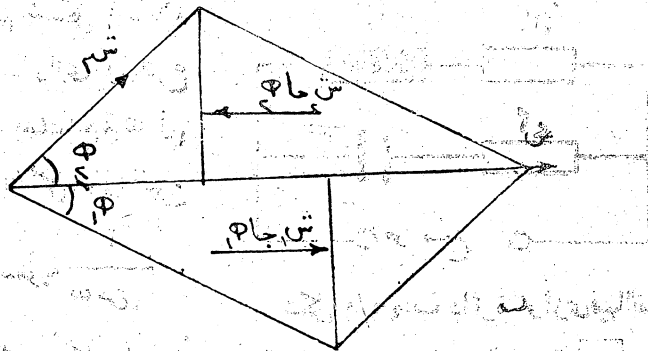
$$\frac{1}{\cos \phi}$$

بحيث يكون التيار الكلى متوافقا مع الضغط ( أى معامل القدرة يساوى واحد ) أى أن  $\phi$  يكون منطبقا مع الاحوات الأفقى ( أى موجه الضغط ) ولا يتم هذا إلا إذا كانت  $\phi_1 = \phi_2$  سهم  $\phi$  وفى الرسم شكل ١-٤٧ ب



١-٤٧/أ مثبات المقاومات لفرعى الدائرة التوازى شكل ب

سهم يمثل التيار فى الفرع الأول  $\phi$  سهم يمثل التيار فى الفرع الثانى وشكل ١-٤٧/ب يمثل مثلثى المقاومات للفرع الأول والثانى ومن الرسم ١-٤٧/ب



١-٤٧/ب موجبات التيار فى كل من الفرعين والتيار الكلى عندما

تكون الدائرة فى حالة توافق

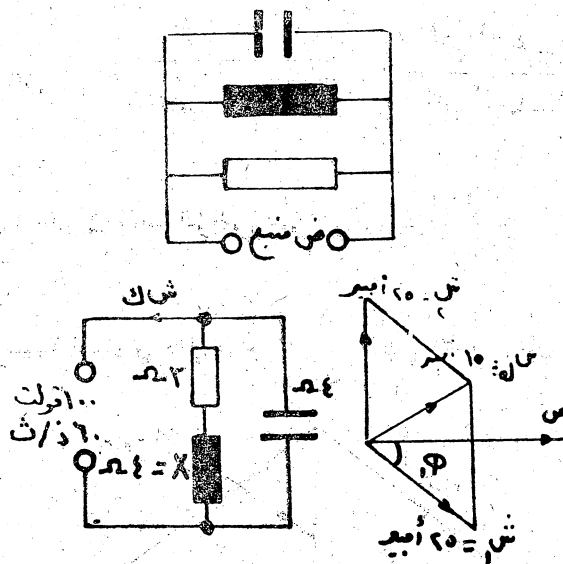
$$\phi_1 = \phi_2 = \phi$$



فإن ش.ل. ينطبق مع ص.ل. ومعامل القدرة يساوى الواحد وتكون الدائرة في حالة توافق توازى .

٢ - توصيل ممانعة إستنتاجية وممانعة سعوية ومقاوم مادية ثلاثة مقاومات نقية بالتوازى :-

في شكل ٤٩ - ثلاثة مكروبات نقية متصلة بالتوازى حث ، وسعة ومقاوم مادية فإن محصله المقاومات الثلاثة :-



شكل ١ - ٤٩ - توصيل ثلاثة مقاومات نقية بالتوازى وكانت الدائرة متوافقة

$$Z = \frac{1}{\left(\frac{1}{R} - \frac{j}{X}\right)^2 + \left(\frac{1}{R}\right)^2}$$

حيث  $X = L =$  ممانعة الملف حث

$$X_s = \frac{1}{\omega C_s} = \text{ممانعة المكثف}$$

ويكون التيار في دائرة التوازي شكل ١ / ٤٩

$$I = I_s = \left( \frac{1}{X_s} - \frac{1}{X_L} \right) + \left( \frac{1}{R} \right) V$$

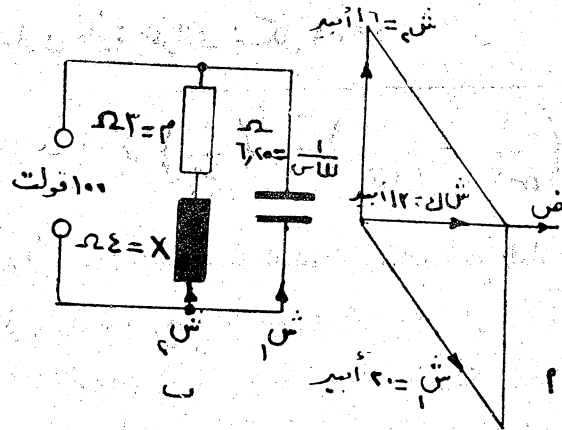
وفي هذه الدائرة الخاصة إذا تساوت الممانعة الإستنتاجية مع الممانعة السعوية - فإن التيار الكلي يكون متفقا مع ضغط المنبع في الوجه وتكون الدائرة في حالة رنين توازي - فأى دائرة فيها إستنتاج وسعة متصلان بالتوازي يقال أنها في حالة رنين توازي أو رنين تيارى حيث يتفق التيار الكلي مع الضغط ويكون معامل القدرة يساوى واحد صحيح .

وليس من الضروري أن تكون الممانعة الاستنتاجية مساوية للممانعة السعوية إلا في الحالة الخاصة السابقة تلك التى يكون معامل القدرة فيها يساوى واحد صحيح وهذه الحالة كما سبق القول تكون  $\cos \phi = 1$

وهذا الشرط الأخير لا يمكن تعميمه والدليل على ذلك شكل ١ - ٥٠ - ١ فالمانعتان  $\cos \phi$  ،  $\frac{1}{\omega C_s}$  في دائرة التوازي متساويتان ولكن ليست الدائرة في حالة توافق لأن التيار الكلي غير متوافق مع الضغط بل يوجد بينهما زاوية وجه كما في شكل ١ - ٥٠ - ب .

٣ - توصيل ماف ومكثف بالتوازي وممانعتها غير متساوية ولكن الدائرة في حالة توافق برغم أن  $\cos \phi$  لا تساوى  $\frac{1}{\omega C_s}$  كما في شكل ١ - ٥١ - أ ومسع ذلك فإن الدائرة فى حالة توافق ( رنين ) توازي وذلك لأن معامل القدرة

يساوى الوحدة بسبب أن التيار الكلى فى إتفاق وجهى مع الضغط للينبوع ، كما  
فى شكل ٥١/١ - ب .



شكل ٥١/١ أ دائرة توازى فيها ثل ل لتساوى ١  
نس

شكل ٥١/١ ب من الموجبات رغم عدم تساوى الممانعتين ولكن  
الدائرة متوافقة .

١٣.١ إيجاد سعة المكثف الذى يحدث فى الرائفة توافقاً :

فى دوائر التوافق التوازى كان شرط التوافق أن تكون :-

س<sub>١</sub> ح<sub>١</sub> = س<sub>٢</sub> ح<sub>٢</sub> وإذا اعتبرنا أن س<sub>١</sub> التيار المار بالمكثف ،  
س<sub>٢</sub> التيار المار بالملف فإن :-

$$س_١ ح_١ = س_٢ ح_٢ \text{ وحيث أن } ح_١ = ٩٠^\circ$$

$$\therefore س_٢ ح_٢ = س_٢ ح_٢$$

$$\frac{س}{\omega} \times \frac{س}{\omega} = \frac{س}{\omega}$$

$$\frac{V \cdot \cos \phi}{[V^2 + I^2]} = \cos \phi$$

$$Z = \sqrt{V^2 + I^2}$$

$$\frac{V \cdot \cos \phi}{Z} = \cos \phi$$

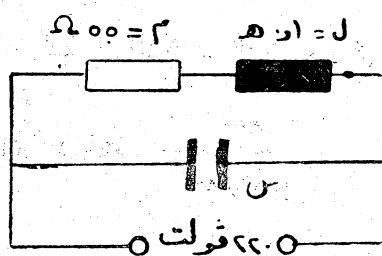
$$\frac{I}{Z} = \frac{V \cdot \cos \phi}{Z \cdot \cos \phi} = \cos \phi$$

$$\frac{I}{\sqrt{V^2 + I^2}} = \cos \phi$$

حيث  $\phi$  قبل التحسين ،  $\phi$  بعد التحسين

$$\left( \cos \phi_1 - \cos \phi_2 \right) \left( \frac{\text{القدرة}}{V \times I} \right) = \text{سعة مكثف تحسين معامل القدرة}$$

مثال ١ :-



دائرة تتكون من مقاومة  
مادية ٥٥ أوم وممانعة إستنتاجية  
معامل إستنتاجها النفس او .  
هنزى أوجد :

(١) معامل القدرة في

هذه الدائرة .

(ب) سعة المكثف  $C$  الذي يحدث بالدائرة توافقاً إذا علم أن تردد التيار ٥٠ ذبذبة/ث :

الحل :-

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2 + X_C^2}$$

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times 50 \times 3.14 \times 0.1 = 31.4 \text{ أوم ظا}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2 + X_C^2} = \sqrt{980.96 + 30.25} = \sqrt{1011.21} = 31.8 \text{ أوم ظا}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times 50 \times 10^{-6}} = 1000 \text{ أوم ظا}$$

$$\cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{30}{31.8} = 0.94$$

$$\sin \phi = \frac{X_L + X_C}{Z} = \frac{1030}{31.8} = 32.4 \text{ أمبير}$$

$$\phi = 9.5^\circ \text{ حيث أن } \cos \phi = 0.94 \text{ و } \sin \phi = 0.33$$

$$\cos \phi = 0.94 \text{ و } \sin \phi = 0.33$$

$$\sin \phi = 0.33 \text{ و } \cos \phi = 0.94$$

$$\therefore \text{شدة التيار في المكثف} = 3.47 \times 0.51 = 1.77 \text{ أمبير}$$

$$\therefore \text{ممانعة المكثف} = \frac{1}{\sin \phi} = \frac{1}{0.33} = 3.03$$

$$\therefore \frac{1}{3.03} = 0.33 \text{ و } \sin \phi = 0.33$$



$$\therefore S = \frac{10 \times 1,77}{220 \times 50 \times 3,14 \times 2} = 24,9 \text{ ميكروفاراد}$$

إيجاد س بالقانون الآتي :-

$$24,9 \text{ ميكروفاراد} = S = \frac{10 \times 0,1}{2(63,3)} = \frac{L}{Z}$$

وهي نفس النتيجة السابقة .

مثال ٢ :-

أوجد المطالب الآتية من الدائره المبينه بالرسم

(١) إيجاد س،  $\phi$  لكل فرع

(ب) سعة المكشف التي تجعل الدائرة في حاله توافق

(ج) تردد التوافق .

الحل :-

$$(١) \text{ نل} = 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,14 = 43,96 \text{ أوم ظا}$$

$$Z = \sqrt{2932 + 900} = \sqrt{(43,96)^2 + 200} = 200$$

$$32 \text{ أوم ظا} = \frac{10}{100 \times 50 \times 3,14 \times 2} = \frac{1}{S}$$

$$Z = \sqrt{1024 + 400} = \sqrt{22 + 200} = 200$$

$$\therefore S = \frac{200}{53,2} = \frac{3,8}{\text{أمير}}$$

$$\frac{0.4}{37.7} = \frac{200}{Z} = \frac{V}{Z} = 2.5$$

$$1.46 = \frac{43.96}{30} = \frac{V_{\text{نل}}}{I_{\text{م}}} = \phi, \text{ ظا}$$

$$0.83 = \phi, \text{ حا}, 36 = \phi, \text{ ن.}$$

$$1.6 = \frac{32}{20} = \frac{X}{I_{\text{م}}} = \phi, \text{ ظا}$$

$$0.85 = \phi, \text{ حا} \quad 58 = \phi, \text{ ن.}$$

(ب) في حاله التوافق للتوازي :-

$$I_{\text{م}} \text{ حا} \phi = I_{\text{م}} \text{ حا} \phi$$

$$\frac{0.85 + 0.58}{2(\times) + 2\text{م}} = 0.83 \times 3.8 \dots$$

$$0.85 \times 200 = \sqrt{2(\times) + 400} \sqrt{3.104} \dots$$

$$170 = \sqrt{2(\times) + 400} \times 9.5 \dots$$

$$28900 = 2(\times) 9.5 + 3800$$

$$20100 = \frac{9.5}{\epsilon^2 \text{ ط}^2 \text{ ت}^2 \text{ س}}$$

$$20100 = \frac{9.5}{\epsilon^2 \times 2500 \times 4}$$

$$\frac{9,5}{25100 \times 2500 \times 40} = \dots \text{س}^2$$

$$710 \times \frac{9,5}{25100 \times 2500 \times 40} \sqrt{\dots} = \dots \text{سم بالميكرو فاراد}$$

$$62 \text{ ميكرو فاراد} = \frac{710 \times 3,08}{50,1 \times 310} =$$

$$\frac{\sqrt{\frac{1}{710 \times 100 \times 0,14}}}{\sqrt{\frac{1}{710 \times 100 \times 400}}} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{710 \times 100 \times 400}} = \text{ح) تردد التوافق}$$

$$\frac{1}{710 \times 100 \times 0,14} \sqrt{6,28} =$$

$$\frac{0,14 - (710 \times 100 \times 900)}{0,14 - (710 \times 100 \times 400)} \sqrt{\dots} \times$$

$$\frac{1}{2} \sqrt{\dots} \times \frac{710}{3,74 \times 6,28} =$$

$$\frac{710}{1,414 \times 3,74 \times 6,28} =$$

$$30 \text{ ذبذبة / ث} = \frac{310}{23,49} =$$

## اسئلة وتمارين مختارة عن الباب الاول

## القسم الثانى

١ - ملفان مقاومتهما المادية ٦ ، ٨ أوم والتأثيرية ٤ ، ٧ أوم ظاهرى على الترتيب وصلا معا بالتوالى ثم وصلت الدائره بمنع ضغطه ٢٠٠ فولت - أوجد ما يأتى : -

( ١ ) المقاومة الكسليه للدائرة ( ٢ ) التيار المار بالدائرة

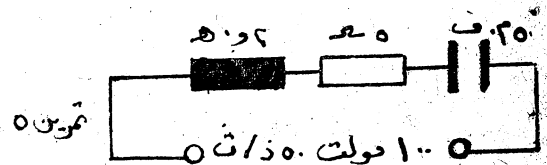
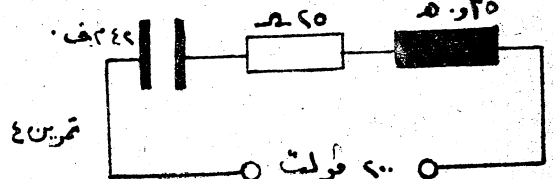
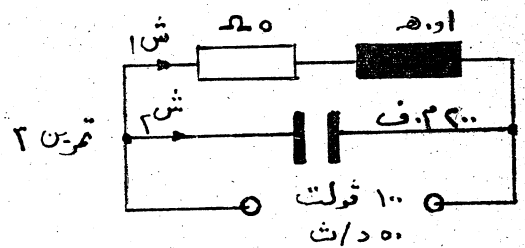
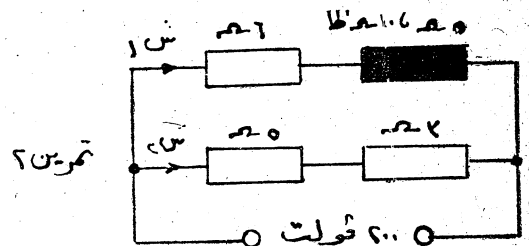
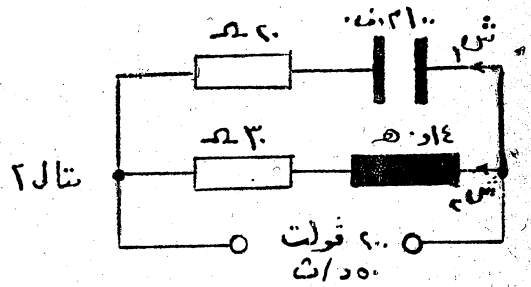
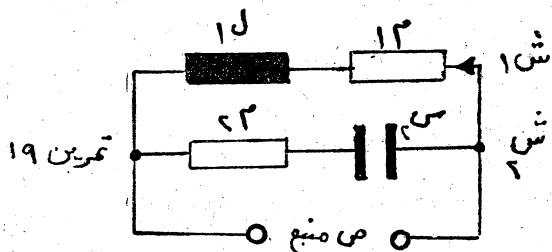
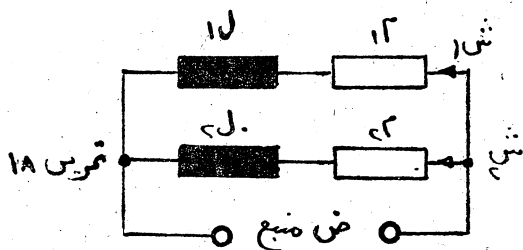
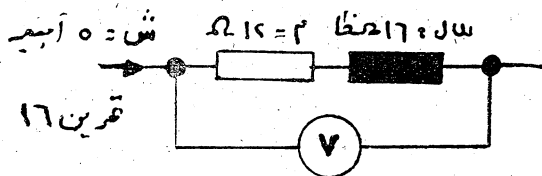
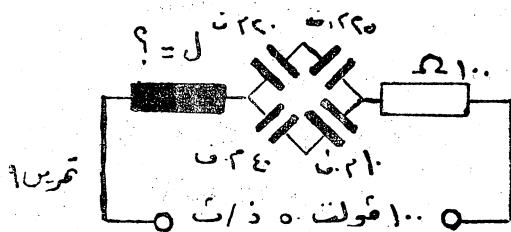
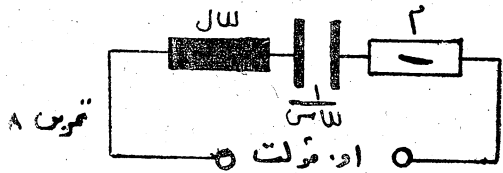
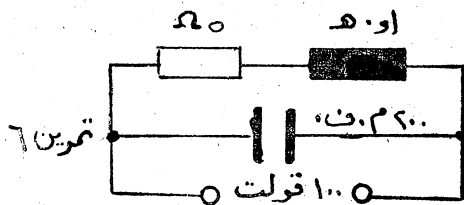
( ٣ ) الضغط المفقود فى كل من الملفين ( ٤ )  $\phi$  لكل من الملفين وكذلك المنبع  
٥ - القدرة المفقودة فى الدائرة

٢ - احسب شدة التيار فى كل فرع حسب الدائرة المبينة بالرسم - ثم أوجد شدة التيار الكلية - وكذلك المقاومة الكلية للدائرة وكذلك زاوية الوجه فى كل فرع وكذلك المنبع .

٣ - أوجد شدة التيار الكلية فى الدائرة المبينة بالرسم وكذلك  $\phi$  للملف ،  $\phi$  للمنبع .

٤ - احسب شدة التيار المارة فى الدائرة المبينة بالرسم بعد توصيلها على طرف مولد ضغطه ٢٠٠ فولت ذو عشرة اقطاب وسرعة ٦٠٠ لفة فى الدقيقة ثم أوجد الضغط المفقود فى كل من المقاومة والملف والكثف - وزاوية الوجه بين الضغط والتيار .

٥ - أوجد شدة التيار الكلية وكذلك الضغط المفقود فى كل من المقاومة والكثف والملف على حده عند تردد ٢٥ - ثم أوجد المطالب السابقة عند تردد التوافق .



شکل ٥٣/١ تابع رسم تمرین القسم الثاني من الباب الأول

٦ — ملف معامل تأثيره النفس ٠,١ هنرى — ومقاومته المادية ٥ أوم وصل بالتوازي مع مكثف سعته ٢٠٠ ميكروفاراد — ووصلت الدائرة بمنبع ضغطه ١٠٠ فولت — أوجد التيار المار في كل من فرعى الدائرة — وكذلك تيار المنبع باعتبار أن التردد ٥٠ ذبذبة / ث — وإذا أمكننا تغيير التردد إلى المقدار الذى يحدث في الدائرة توافقا — فأوجد المطلوب سابقا .

٧ — دائرة متوافقة مكونة من ملف تأثيره النفسى ٠,٢ هنرى — ومكثف سعته ٥٠٠ ميكروفاراد فما مقدار : التردد لهذه الدائرة .

٨ — يحدث التوافق في الدائرة الميينة بالرسم عند تردد مقداره اميجا سيكل وكان الضغط على طرفي الدائرة ٠,١ فولت — وكانت المقاومة المادية للملف = ٥ أوم فما قيمة التيار في الدائرة .

٩ — اوجد استنتاج الملف المتصل بالدائرة الميينة بالرسم للحصول على أكبر تيار في الدائرة واوجد التيار السكلى في هذه الدائرة وكذلك القدرة المفقودة اذا كان ضغط المنبع ٢٠٠٠ فولت

١٠ — اذا كانت شدة التيار التى تمر في دائرة هي ٠,١ أمبير عندما يكون الضغط ٢٠٠ فولت فأوجد المقاومة المادية الموصلة بالتوالى مع ملف استنتاجه اهرى عندما تكون الذبذبة ٢٥ / ث .

١١ — اذا كانت المقاومة السكليه لدائرة مكونة من مكثف ومقاومة مادية تساوى ١٥٠٠ أوم وكانت المقاومة المادية تساوى ١٠٠٠ أوم فأوجد سعة المكثف اذا كانت ذبذبة التيار ٥٠ ذبذبة / ث

١٢ — ماهو التردد الذى يجعل المقاومة السكليه لدائرة يساوى صفرا إذا كانت سعة المكثف ٠٠١ ميكروفاراد واستنتاج الملف الموصول بالتوالى مع المكثف ٣ هنرى

١٣ - دائرة محتوية على مكثف سعته ٢٥٠ ميكروفاراد وملف معامل تأثيره  
النامسي ٥٠ هنرى ومقاومة مادية قيمتها ٤ أوم موصلة بالتوالى بعضها ببعض والدائرة  
متصلة بمنبع ضغطه ٢٠٠ فولت وتردده ٥٠ ذبذبة/ث

أوجد : ( أ ) التيار المار بالدائرة

( ب ) الضغط المفقود فى كل من المقاومة و المكثف والملف

١٤ - ملفان مقاومتهما ١٠، ٥ أوم والتأثيرية ٤ ، ١٤ أوم ظاهرى على  
الترتيب وصلا على التوالى ثم وصلت الدائرة بمنبع ضغطه ١٠٠ فولت أوجد : -

( أ ) المقاومة الكليه للدائرة ( ب ) التيار المار بالدائرة

( ح ) الضغط المفقود فى كل من الملفين

( د )  $\phi$  لكل من الملفين وكذلك المنبع .

١٥ - أوجد الضغط الذى يجب أن يتصل بملف ليسبب مرور تيار مقداره ٥  
أمبير إذا كانت المقاومة المادية للملف = ٦ أوم والمقاومة التأثيرية = ٨ أوم ظا .  
١٦ - أوجد قراءة القولتметр الموصل بالدائرة المبينة بالرسم ثم أوجد الضغط  
على طرفى م ، ن .

١٧ - دائره توالى تحتوى على حث ل ، وسعة س ، ومقاومة م إذا كانت  
المقاومة المادية ٦ أوم والمقاومة التأثيرية ١٠ أوم ظا والمقاومة السعوية = ٢ أوم ظا  
وضغط . الينبع ١٢٠ فولت أوجد التيار فى هذه الحالة - ثم أوجد التيار فى حالة  
التوافق عندما تكون  $\cos \phi = \frac{1}{\sqrt{2}}$  ١٠ أوم ظا

١٨ - فى الدائرة المبينة بالرسم م = ٤ أوم ، ل = ١ و . هنرى ، م = ٢  
= ٣ أوم ، ل = ٢ و . هنرى - إذا كان ضغط المنبع ١٢٧ فولت ، ٥٠ ذبذبة  
/ ث إحسب التيار فى كل فرع وكذلك التيار الكلى .

١٩ - في الدائرة المبينة بالرسم م  $٥ = ١$  أوم ، ل  $١ = ٥$  . هـرى وم  $٢٢٠$  فولت وتردده  $٥٠$  ذبذبة / ث - إحسب التيار في كل فرع وكذلك التيار الكلى - ثم أوجد المقاومة الكلية للدائرة .

٢٠ - ماهى قراءة فولت متر متصل بملف ذو قلب مغناطيسى مقاومته الإستنتاجية  $٦$  أوم ظا . ومقاومته المادية  $٨$  أوم إذا علم أن التيار المار خلال لفات الملف المغناطيسى  $٥$  أمبير .

٢١ - عند توصيل ملف بينبوع نيار مستمر ضغطه  $١٢٠$  فولت قرأ الامبير متر  $٤$  أمبير وعندما وصل نفس الملف بينبوع تيار متغير ضغطه  $٣٨٠$  فولت قرأ الامبير متر  $٥$  أمبير - إحسب الممانعة الكلية والاستنتاج النفس لهذا الملف .

٢٢ - ملفان مقاومتهما المادية  $٥,٦$  أوم والتأثيرية  $٨,٣$  أوم ظا على الترتيب وصلا بالتوالى أحسب الضغط الذى يوصل على طرفى الدائرة ليمر فى الدائرة تيار مقداره  $٤$  أمبير .

٢٣ - التيار الذى يمر فى ملف مقاومته المادية  $٧$  أوم ومقاومته التأثيرية  $٥$  أوم ظا هو  $٦$  أمبير - وفى ملف آخر مقاومته المادية  $٢$  أوم ومقاومته التأثيرية  $٤$  أوم وصلا الملفان بالتوازى - إحسب التيار فى الملف الثانى .

٢٤ - محرك وجه واحد إتصل بينبوع  $١٢٠$  فولت تيار متغير وكان التيار به  $٢$  أمبير - ومعامل القدرة لهذا المحرك  $٨٥$  و . إحسب قدره الحقيقى المستهلكة فى المحرك .

٢٥ - حمل يستهلك  $٤$  كيلوات عند ضغط  $١١٠$  فولت وتيار  $٤٠$  أمبير إحسب ما يأتى : -



١ — إحسب الممانعة السكّلية والمقاومة المادية والمقاومة التأثيرية

ب — القدرة الظاهرية .

ج — معامل القدرة

د — إحسب الضغط المفقود في كل من المقاومة والحث

٢٦ — إحسب التيار الذي يسحبه محرك وجه واحد ٥ كيلوات وكان ضغط

المنبع ١٣٠ فولت ومعامل قدره ٨ و .

٢٧ ملف إستنتاجي له معامل قدره ٠.٣ يمر به تيار متغير مقداره ١٠ أمبير

وعند توصيل وأتتر بالملف قرأ ٢٥٠ وات — إحسب الضغط على طرفي الملف —  
والممانعة السكّلية والتأثيرية والمادية له .

٢٨ — ملف إستنتاجي إتصل بينبوع مستمر ضغطه ١٢ فولت فر به تيار

٨ أمبير — وعند توصيلة بينبوع متغير ضغطه ٢٠ فولت مر به نفس التيار السابق —  
إحسب — الممانعة السكّلية للملف والمقاومة التأثيرية والمادية له — ثم إحسب قدره  
الظاهرية والقدرة الحقيقية .

٢٩ — ممانعة استنتاجية متصله بضغط ١٢٠ فولت وكان التيار المار بها ٢٠

أمبير ومعامل القدرة ٨ و . إحسب القدرة الظاهرية والقدرة الحقيقية — إحسب  
المقاومة التأثيرية والضغط المفقود في م ، ن ل .

٣٠ — ملف يمر به تيار ٨ أمبير عند ضغط ٢٢٠ فولت — إذا علم أن مقاومته

المادية ١٧ أوم — أحسب القدرتين الحقيقية والظاهرية والضغط المفقود في كل من  
المقاومة المادية والمقاومة التأثيرية .

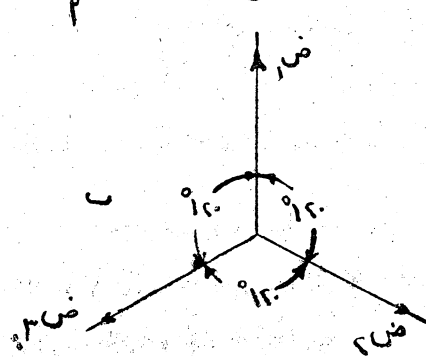
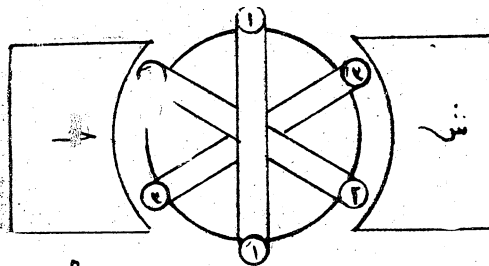
# الباب الثاني

## القسم الأول

### دوائر التيار المتغير ذات الثلاثة أوجه

التيار ذو الثلاثة أوجه: —

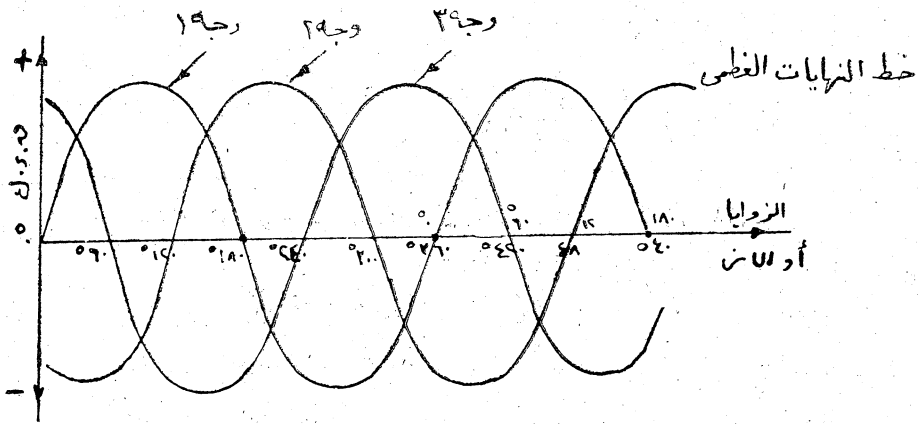
المولد الكهربائي ذو الثلاثة أوجه به ثلاثة دوائر موزعة على محيط منتجه لكل دائرة طرفين وبين كل دائرة والأخرى  $120^\circ$  ولذلك فالتيار المأخوذ من هذا المولد شكل ٢-٥٤. يكون ذو ثلاثة أوجه ويمثل ضغط كل وجه بالموجبات  $V_m$ ،  $V_m$ ،  $V_m$ ،



شكل ٢/٥٤ توزيع الملفات لمولد ثلاثة أوجه على محيط المنتج

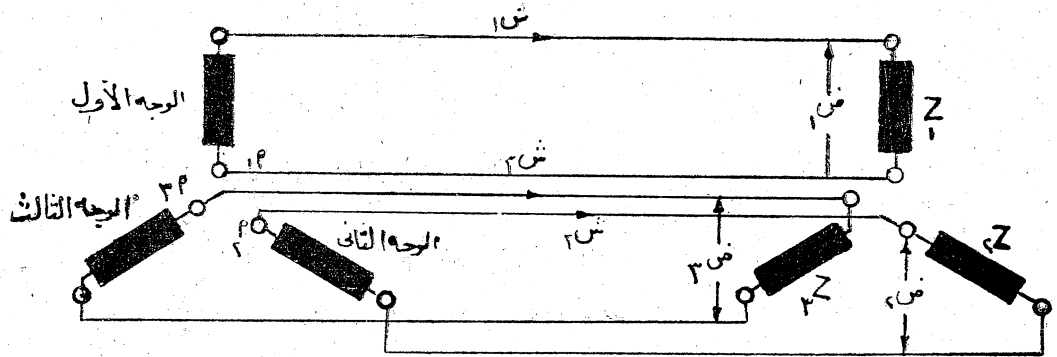
صم كما في شكل ١-٥٤ ب ويكون ضغط وتيار هذه الأوجه الثلاثة على شكل منحنى جيبى  $V_m$ ،  $V_m$ ،  $V_m$  كما في شكل ٢-٥٥ وتكون القيمة اللحظية للقوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الوجه الأول  $V_m = V_m \sin \phi$  حيث  $\phi$  هي النهاية العظمى للضغط المتولد والقيمة اللحظية للقوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الوجه الثاني  $V_m = V_m \sin (\phi - 120^\circ)$  والقيمة اللحظية للقوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الوجه الثالث:

صهر = صهر، حا (  $\phi - 240^\circ$  ) ويمكن تحميل المولد بحيث أن كل وجه



شكل ٥٥/٢ المنحنيات الجيبية للقوة الدافعة الكهربائية لتيار ثلاثة أوجه

يكون منفصلاً عن الوجهين الآخرين ويقضى كل وجه حملاً منفصلاً كما في شكل ٥٦/٢.



شكل ٥٦/٢ مولد ذو ثلاثة أوجه كل وجه يقضى حملاً منفصلاً

وإذا كانت الأحمال الثلاثة متساوية فإن التيارات الثلاثة الخارجة من الثلاثة أوجه تكون متساوية ويسمى الحمل في هذه الحالة متزنًا

$$\text{ويسكون تيار الوجه: } \frac{V_1}{Z} = \frac{V_2}{Z} = \frac{V_3}{Z}$$

$$\frac{V_3}{Z} =$$

حيث  $S$  تيار الوجه ،  $V$  ضغط الوجه ،  $Z$  ممانعه الحمل .

واذا كان ضغط كل وجه وتيار كل وجه متساوي فإنه يمكن عمل نقطه مشتركة للمفات الثلاثة أوجه بالمولد أى يمكن توصيل الأطراف ١، ٢، ٣ ببعضها - وبذلك يمكن إستخدام أربعة أسلاك بدلا من ستة للتوصيل بين خرج المولد والأحمال - وتسمى النقطة المشتركة بنقطة الحياد neutral point ويسمى السلك المشترك بسلك الحياد Neutral wire كما فى شكل ٢ - ٥٧ - وواضح أنه يمر فى هذا السلك مجموعة تيارات الأوجه الثلاثة

#### التيار فى سلك الحياد عند الحمل المتزنه Balanced load

عند إزان الحمل فى الثلاثة أوجه

فان القيمة اللحظية لتيار الوجه الأول  $S_1$

٦ القيمة اللحظية لتيار الوجه الثانى  $S_2$

٦ » » » » الثالث  $S_3$

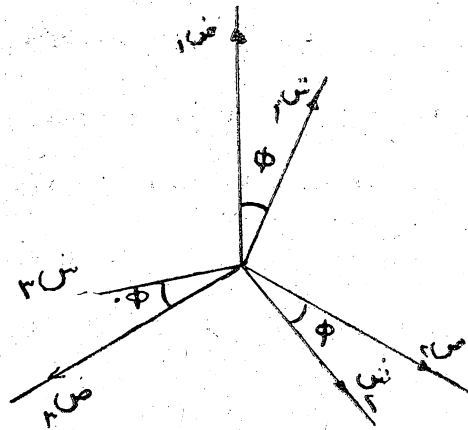
تكون كالآتى :-

$$S_1 = S \cos \phi$$

$$S_2 = S \cos (\phi - 120^\circ)$$

$$S_3 = S \cos (\phi - 240^\circ)$$





شكل ٢ / ٨ تيار ثلاثة أوجه متساوي وكذلك ؟ لكل وجه عند الحمل المتزن

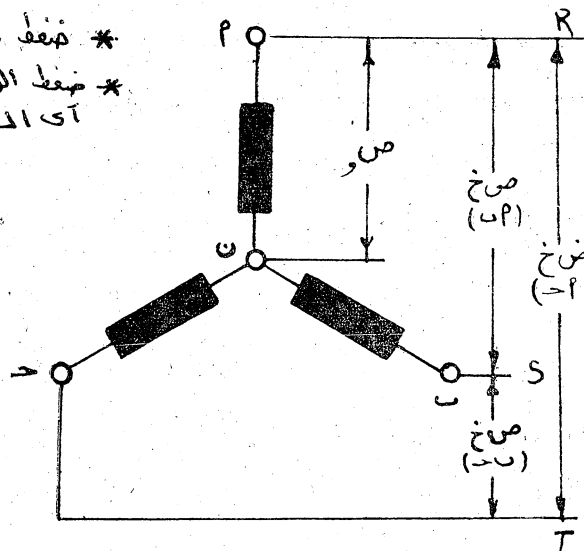
أما في حالة الحمل الغير متزن فإنه يلزم إستخدام أربعة أسلاك لأن مجموع التيارات في هذه الحالة لا يساوى صفراً - وقد إستخدمت طريقتان لتوصيل الثلاثة أوجه :

أولاً : طريقة النجمة ثانياً : طريقة الدلتا.

### ٢٣ أولاً طريقة النجمة Star Connection :-

بينما سابقاً في شكل ٢ - ٥٧ كيف أمكن توصيل أطراف الإبتداء لللفات الأوجه الثلاثة كما لم كما لم لتكون نقطة الحياد وتسمى في بعض الأحيان نقطة النجمة star point وفي حالة الأحمال المتزنة يمكن الإستغناء عن هذه النقطة كما في شكل ٢ - ٥٩ وتسمى هذه الطريقة بتوصيله النجمة إذ يتصل بالدائرة الخارجية ثلاثة أطراف RST وإذا اعتبرنا في أى لحظة أن الإتجاه الموجب في كل وجه هو من إبتداء لفات الوجه من  $\rightarrow$  ١ في الوجه الأول ومن  $\rightarrow$  ٢ في الوجه الثاني ومن  $\rightarrow$  ٣ في الوجه الثالث فإن توصيلات هذه الأوجه بحيث يكون الضغط بين كل طرفين من الأطراف الثلاثة هو محصلة ضغطي الوجهين المحصورين بين هذين الطرفين ويسمى الضغط بين كل طرفين بضغط الخط.

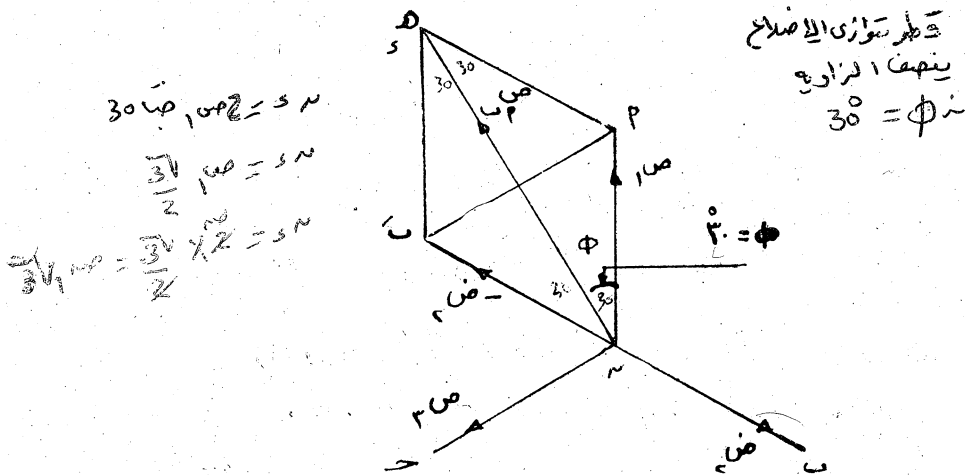
\* ضغط الخط هو  $\sqrt{3}$  ضفه الضغط بين وجهين  
 \* ضغط الوجه هو ضغط وجه واحد  
 أي الضغط بين نقطته



شكل ٥٩/٢ توصيل نجمة مبينا عليه ضغط الخطوط الثلاثة وضغط الوجه

١-٣٣ ضغط الخط وضغط الوجه :-

يمكن تمثيل القيم الفعالة لضغوط الثلاثة أوجه كما في الشكل ٦٠/٢ بالوجهات



شكل ٦٠/٢ اثبات أن ضغط الخط  $\sqrt{3} \text{ ص.و}$  ضغط الوجه في توصيل النجمة (أي أن  $\sqrt{3} \text{ ص.و} = \sqrt{3} \text{ ص.و}$ )

ص<sub>١</sub> و ص<sub>٢</sub> و ص<sub>٣</sub> - وواضح أن الوجه ص<sub>١</sub> يتقدم على الوجه ص<sub>٢</sub> بمقدار ٣٠°. ولذلك يجب عند الحصول على ص<sub>١</sub> إيجاد محصلة ص<sub>١</sub> و ص<sub>٢</sub> وعند الحصول على ص<sub>٢</sub> إيجاد محصلة ص<sub>٢</sub> و ص<sub>٣</sub> ويكون ص<sub>٢</sub> متقدما عن ص<sub>٣</sub> ٣٠° وكذلك ضغط الخط ص<sub>١</sub> يمكن الحصول عليه بإيجاد محصلة ص<sub>١</sub> و ص<sub>٢</sub> ويكون متقدما ٣٠° عن ص<sub>٣</sub> ومن الرسم شكل ٦٠/٢ في المثلث ا ب و القائم في و

حيث أن المستقيم و ه يمثل ضغط الخط ص<sub>١</sub> ا ب وينصف هذا المستقيم في و

$$\therefore \text{ص} \text{ ا ب} = \text{و} + \text{و ه} = ٢ \text{ ن و} \quad (١)$$

$$\therefore \text{و} = \text{ا ه} \text{ جتا } \phi = \text{ص} \text{ ا ب} \text{ جتا } ٣٠^\circ$$

بالتعويض في (١)

$$\therefore \text{ص} \text{ ا ب} = ٢ \text{ ص} \text{ ا ب} \text{ جتا } ٣٠^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \times ٢ \text{ ص} \text{ ا ب} = \sqrt{3} \text{ ص} \text{ ا ب}$$

وحيث أن ص<sub>١</sub> ا ب = ضغط الخط = ص<sub>٢</sub> ح و ص<sub>١</sub> = ص<sub>٢</sub> و

$$\therefore \text{ص} \text{ ح و} = \sqrt{3} \text{ ص} \text{ و}.$$

$$(١) \text{ أى أن ضغط الخط} = \sqrt{3} \text{ ضغط الوجه}.$$

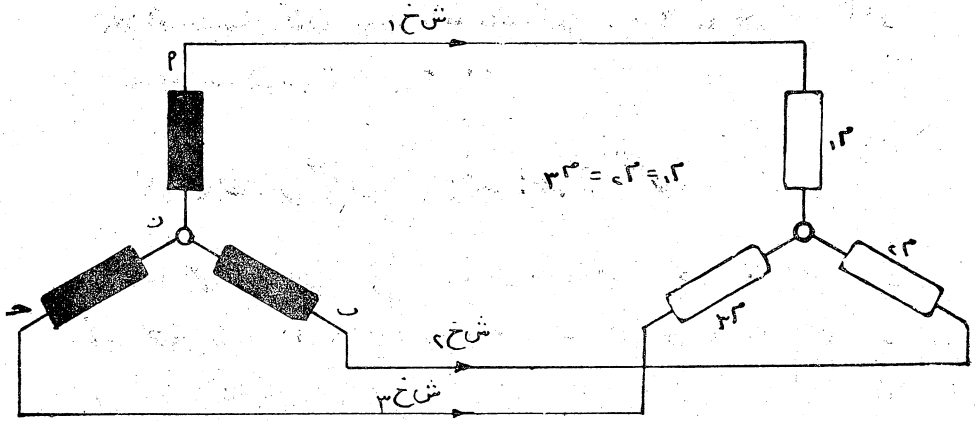
(٢) وفي الدوائر ذات الأحمال المترنة فإن ضغط الخط يتقدم ضغط الوجه

بزاوية مقدارها ٣٠° أى يوجد بين ضغط الخط وضغط الوجه زاوية مقدارها ٣٠°



(٣) والنتيجة الثالثة في توصيله النجمة يسكون تيار الخط مساويا لتيار الوجه

أى أن  $I_{شخ} = I_{سم}$

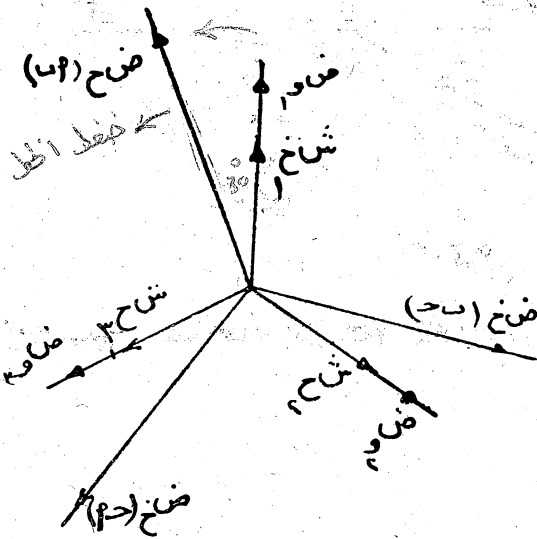


شكل ٦١/٢ توصيل حمل متزن مادي ببندوع تيار متغير ثلاثة

أوجه توصيل نجمة

توصيل حمل متزن مادي على طريقة النجمة : —

عند توصيل حمل متزن يحقوى على مقاومات ماديه ١، ٢، ٣ أى أن التيار فى كل وجه يسكون متساوى مع التيار فى الوجه الآخر



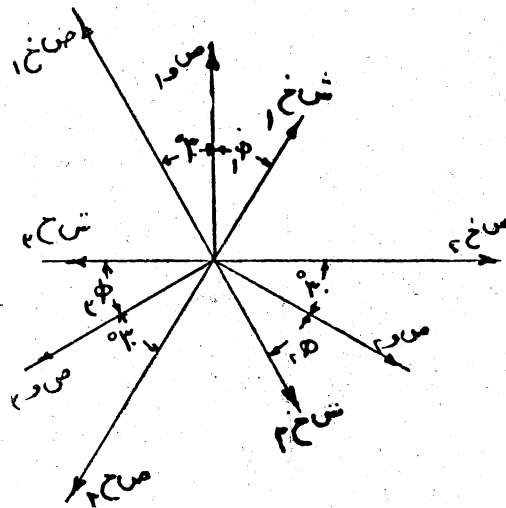
شكل ٦٢/٢ موجّهات ضغط الخط وضغط الوجه والتيار فى المقاومات المادية .

$$٠.٠ \text{ سخ } ١ = \text{ سخ } ٢ = \text{ سخ } ٠.٢$$

وكذلك تيار كل خط في الأحوال الثلاثة يكون في إتفاق وجهي مع -  
 ضغط الوجه بينما يكون ضغط الخط متقدماً عن ضغط الوجه بمقدار  $٣٠^\circ$  كما هو  
 واضح في رسم الموجهات شكل ٦٢-٢

٢-٣-٢ توصيل أعمال مادية وتأثيرية بطريقة النجوم :-

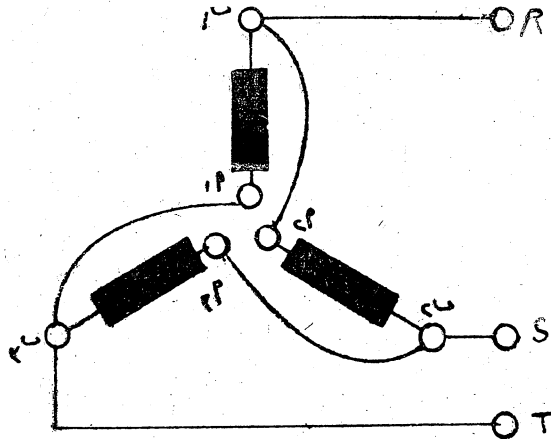
إذا كان الحمل يحتوى على مقاومات مادية وتأثيرية بحيث كانت  $\phi$  زاوية  
 تأخر التيار للوجه  $\phi$  وعن ضغط الوجه  $\phi$  فإن تيار الحمل في هذه الحالة يتأخر  
 عن ضغط الخط بزاوية مقدارها  $(\phi + ٣٠^\circ)$  كما هو واضح في شكل  
 ٦٣ - ٢



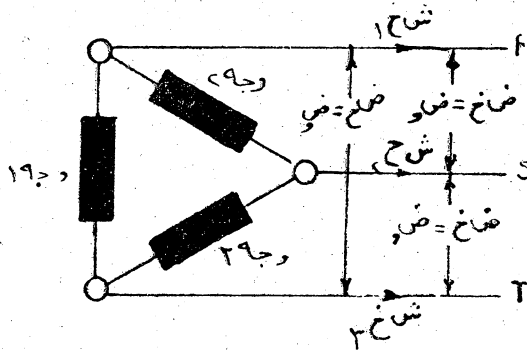
شكل ٦٣/٢ موجهات ضغط الخط وتيار الخط وكذلك ضغط الوجه في الأحوال  
 التأثيرية والمادية

٢٤ ثانيا : — طريقة توصيل الدلتا  $\Delta$  : Delta Connection

في طريقة توصيل الدلتا توصل نهاية كل وجه بابتداء الوجه الذي يليه كما هو واضح في شكل ٢ - ٦٤ كما توصل أسلاك الدائرة الخارجية بنهايات



شكل ٦٤/٢ طريقة توصيل الثلاثة أوجه على نظام الدلتا

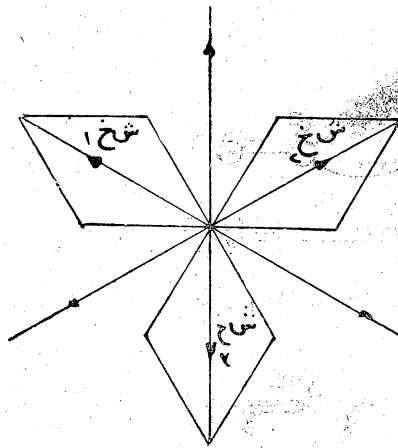


شكل ٦٥/٢ طريقة توصيل أوجه بالقضبان RST وفيها  $V_L = V_P$  و (أى ضغط الخط يساوى ضغط الوجه)

الثلاثة أوجه ١، ٢، ٣ وتوصل على الترتيب بالقضبان RST ويمكن رسم الأوجه الثلاثة متصله بالأحمال الثلاثة كما هو واضح في شكل ٢ - ٦٥ .

### ٢٤٤ ضغط وتيار الخط والوجه في توصيل الدلتا :

وواضح أن ضغط الخط في هذه الحالة يساوي ضغط الوجه أي أن  $V_x = V_o$  وإذا فرضنا أن الآلة متصلة بحمل متزن بحيث يمر في الأوجه الثلاثة التيارات  $I_1, I_2, I_3$  على الترتيب فيكون تيار الخط  $I_L$  مساوياً للمحصلة الجبرية لتيار الوجهين  $I_1, I_2$  وتيار الخط  $I_L$  يكون مساوياً للمحصلة الجبرية لتيار الوجهين  $I_2, I_3$  ويكون مساوياً للمحصلة الجبرية لتيار الوجهين  $I_3, I_1$ .



وحسب قانون كرشوف يمكن إيجاد تيارات الخطوط الثلاثة كما واضح في شكل ٢ - ٦٦ ويتضح من الرسم أنه في حالة توصيل دلتا يكون تيار الخط  $I_L = 3 V$  تيار الوجه

$$I_L = 3 V$$

$$I_L = 3 V$$

ملخص النتائج السابقة :

توصيل نجمة :

شكل ٢ - ٦٦ تيار الخط  $I_L = 3 V$  تيار الوجه عند توصيل دلتا ( أن  $I_L = 3 V$  هو في توصيل  $\Delta$  )

$$I_L = 3 V \text{ و } V_o = \frac{V_x}{3}$$

$$V_o = V_x$$

توصيل دلتا  $\Delta$  :

$$I_L = 3 V$$

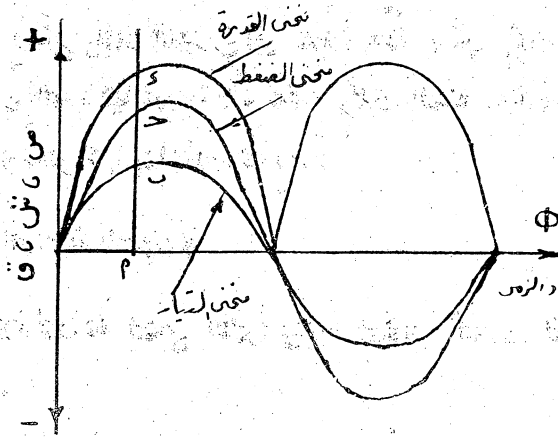
$$P = VI \cos \phi \quad \text{ومن هنا} \quad \frac{P}{VI} = \cos \phi$$

## الباب الثاني

### القسم الثاني

#### ٢٥ القدرة في دوائر التيار المتغير :

عند حساب القدرة في دوائر التيار المتغير — يجب تقدير نوع الحمل الذي تستهلك فيه القدرة الكهربائية من حيث نوع المقاومة سواء كانت مقاومة مادية أو تأثيرية أو الأثنين معاً أو مقاومة سعوية . حتى يمكن تقدير القدرة المفترقة فيها .



شكل ٦٧/٢ منحى الضغط والتيار والقدرة في المقاومة المادية متصلة بينوع تيار متغير

#### أولاً : المقاومة المادية :

عند توصيل مقاومة مادية بينبوع متغير وكان يمثل الضغط على طرفها في لحظة ما صر خطية

صه لحظية = صهء حـ  $\phi$  - فإن التيار الذي يمر في الدائرة في هذه اللحظة صه لحظية

$$\text{صه لحظية} = \text{صهء حـ } \phi$$

$$\therefore \text{صه لحظية} = \frac{\text{صهء لحظية}}{\text{م}} \quad \text{وكذلك صهء} = \frac{\text{ضء}}{\text{م}}$$

$\therefore$  القدرة المستهلكة في لحظة ما هي = ض لحظية  $\times$  صه لحظية

$$= (\text{صهء حـ } \phi) (\text{صهء حـ } \phi)$$

$$= (\text{صهء لحظية})^2 \times \text{م وات}$$

$$= (\text{صهء حـ } \phi)^2 \times \text{م وات}$$

ومن الرسم شكل ٢ - ٦٧ فيه  $1 = 1 \times 1$

وبالمثل يمكن إيجاد القدرة في أى لحظة وبذلك يمكن إيجاد منحنى القدرة ودائماً تكون القدرة كمية موجبة لأنه عندما يكون الضغط سالب كذلك يكون التيار سالب وحاصل ضربهما يكون موجب .

القدرة المتوسطة المستهلكة :

عند إيجاد المساحة لمنحنى القدرة بإيجاد تكامل النسب المثلثية وتكامل الدوال فإن :

$$\text{القدرة المتوسطة المستهلكة} = \frac{1}{2} \times \text{صهء} \times \text{م وات}$$

$$= \frac{1}{2} \times \text{صهء} \times \text{صهء} \times \text{م وات}$$

$$\text{حيث أن ضء} = \text{صهء} \times \text{م}$$

ولا يمكن إيجاد القيمة المتوسطة للقدرة بضرب الضغط المتوسط  $\times$  متوسط

التيار وذلك لأن حاصل ضربهما  $= 0,405$  وهذا بخلاف النتيجة السابقة .

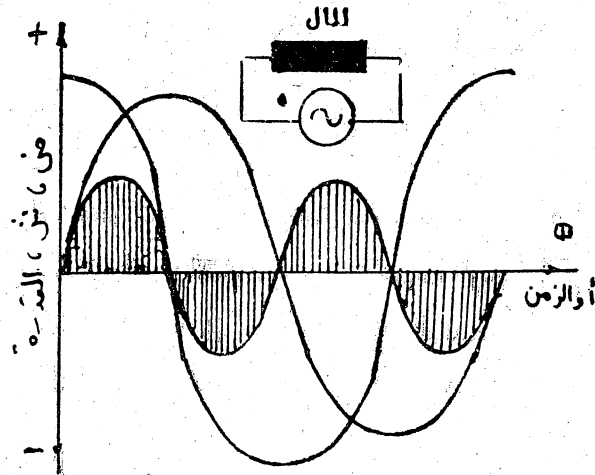
$$\left( \frac{2}{\pi} \times 0,405 \right) \left( \frac{2}{\pi} \times 0,405 \right) = 0,405$$

$$= 0,405 \times 0,405$$

وهذا بخلاف القيمة السابقة .

٢٥٢ ثانيا : المقاوعات التأثيرية :

عند توصيل مقاومة تأثيرية بمحثة ينبوع تيار متغير فإن  $V = I \times X_L$  . ولإيجاد منحنى القدرة كما بالشكل ٢ - ٦٨ - ب نجد أنه عبارة عن



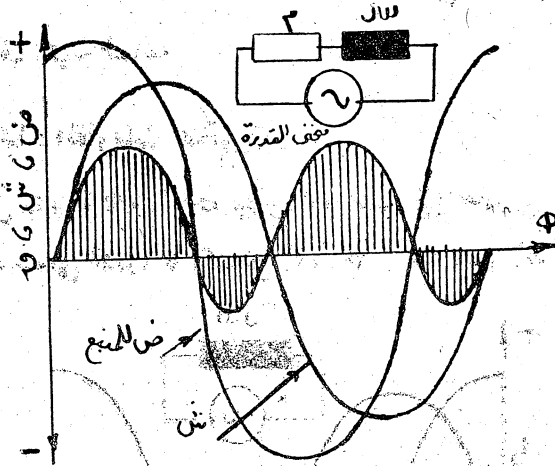
شكل ٦٨/٢ منحنى القدرة والضغط والتيار عند توصيل بمحثة تأثيرية محته ينبوع تيار متغير

أنصاف أمواج موجبة وسالبة ومعنى هذا أن القدرة المستهلكة تساوى صقراً - ومعنى ذلك أنه في زمن أنصاف الموجات الموجبة تستنفذ الدائرة قدرة من المنبع وفي زمن أنصاف الموجات السالبة يسترد المنبع هذه القدرة بعضها من الدائرة دون حدوث فقد طالما أن الدائرة ليس بها مقاومة مادية ومعنى هذا أن كلا من المنبع والدائرة لا يفقد فيهما شيئاً من القدرة .

أي أن  $P = I \times V = I \times I \times X_L$  .

## ١٥٢ مثالاً : - القدرة في المقاومة المادية والتأثيرية :-

عند توصيل مقاومة مادية وتأثيرية بالتوالي في دائرة تيار متغير كما في الملف -  
فلايجاد منحنى القدرة كما بالرسم شكل ٢ - ٦٩ - نشاهد أنه عبارة عن سلسلة



شكل ٦٩/٢ منحنى القدرة والضغط والتيار للمقاومة تأثيرية ومادية ( ملف )  
أينصاف أمواج نصفها سالب والآخر موجب والأنصاف الموجبة أكبر ومعنى هذا  
أن الدائرة تستهلك قدرة تساوى متوسط إرتفاع الأنصاف السالبة . أى أن  
متوسط القدرة المستهلكة في الدائرة أكبر من القدرة المعطاه للمنبع .

∴ القدرة المستهلكة في الملف = متوسط إرتفاع الأنصاف الموجبة - متوسط  
إرتفاع الأنصاف السالبة وكما نعلم أن ضغط المنبع له مركبتان هما : -

$$V = V_R + V_L \quad \text{حيث } V_R \text{ وتسكون في إتفاق وجهى مع التيار}$$

$$V_L = V \sin \phi \quad \text{وتكون عمودية على التيار}$$

$$\therefore \text{القدرة المستهلكة في } M = V_R \cdot I \cos \phi \quad \text{حيث } \phi \text{ وات}$$

$$P = VI \cos \phi \quad \text{حيث } \phi \text{ وات}$$

$$P = VI \cos \phi \quad \text{حيث } \phi \text{ وات}$$



$$= \text{صفر} \cdot \text{صفر} = \text{صفر}$$

أى أن القدرة المستهلكة في الملف = القدرة المستهلكة المقاوم المادية  $\text{م}$  فقط

$$= \text{صفر} \cdot \text{جتا } \phi \text{ وات}$$

ويسمى المقدار جتا  $\phi$  معامل القدرة .

ويمكن إيجاد القدرة المستهلكة في الملف على أساس القدرة المستهلكة في  $\text{م}$  فقط

$$\therefore \text{صفر} \cdot \text{م} = \text{م} \cdot \text{م}$$

$$\therefore \text{القدرة المستهلكة} = \text{م} \times \text{م} \times \text{صفر} = \text{م} \times \text{م} \times \text{وات}$$

مثال :-

أوجد معامل القدرة - وكذلك القدرة المستهلكة في ملف مقاومته المادية ٦ أوم والتأثيرية ٨ أوم ظا إذا كان ضغط المنع ٢٠٠ فولت .

الحل ١ -

$$Z = \sqrt{\text{م}^2 + \text{ول}^2} = \sqrt{٦^2 + ٨^2} = ١٠ \text{ أوم ظا}$$

$$\text{م} = \frac{٢٠٠}{١٠} = ٢٠ \text{ أمبير}$$

$$\text{معامل القدرة} = \text{جتا } \phi = \frac{\text{م}}{Z} = \frac{٦}{١٠} = ٠,٦$$

$$\text{القدرة المفقودة} = \text{صفر} \cdot \text{صفر} \cdot \text{جتا } \phi = ٢٠ \times ٢٠٠ \times ٠,٦$$

$$= ٢٤٠٠ \text{ وات}$$

$$\text{أو القدرة المفقودة} = \text{م} \cdot \text{م} \cdot \text{صفر} = ٦ \times ٢٠ = ٢٤٠٠ \text{ وات}$$

وهي نفس النتيجة السابقة .

٢٥٥٤ رابعا : - القدرة المستهلكة في المكثف : -

الزاوية بين الضغط والتيار في المكثف  $= 90^\circ$  تقدم .

و . : القدرة المستهلكة في الدائرة  $= \text{سمه} \text{ جتا } \phi$  .

وبما أن جتا  $\phi = \text{جتا } 90^\circ = \text{صفر}$  .

. : القدرة المستهلكة في المكثف  $= \text{سمه} \text{ جتا } \phi \times \text{صفر} = \text{صفروات}$

٢٥٥٥ خامسا : القدرة المستهلكة في التيار المتغير ذو الوجهين : -

القدرة في دوائر التيار المتغير وجهين عبارة عن مجموع القدرتين في كل وجه وفي حالة إتران الحمل تكون  $\phi$  في كل وجه متساوية .

. : القدرة في الوجه الواحد  $= \text{صمهر} \cdot \text{سمه} \cdot \text{جتا } \phi$  وات

حيث  $\text{صمهر} = \text{شدة تيار الوجه}$  ،  $\text{سمه} = \text{ضغط الوجه}$  ،  $\phi$  زاوية الوجه بين الضغط والتيار

. : القدرة في الوجهين  $= 2 \times \text{صمهر} \text{ جتا } \phi$  .

٢٥٥٦ سادسا : - القدرة في دوائر التيار المتغير بثلاثة أوجه . :

١ - توصيل النجمة : - القدرة الكلية في الدائرة  $= \text{مجموع القدرات في الثلاثة أوجه}$  .

وإذا كان الحمل متزنا و  $\text{صمهر}$  و  $\text{سمه}$  ضغط وتيار الوجه وضح و  $\text{سمهخ}$  .  
ضغط وتيار الخط .

. : القدرة في كل وجه  $= \text{سمه} \text{ جتا } \phi$  .

والقدرة الكلية في الدائرة  $= 3 \times \text{سمه} \text{ جتا } \phi$

$$\therefore \text{ض خ} = \sqrt{3} \text{ض و أو ض و} = \frac{\text{ض خ}}{\sqrt{3}}$$

$$\therefore \text{القدرة الكلية} = 3 \text{ سهر} \times \frac{\text{ض خ}}{\sqrt{3}} \text{ جتا } \phi \text{ وذلك بالتعويض في (١)}$$

$$\therefore \text{سهر} = \text{سهر}$$

$$\therefore \text{القدرة الكلية} = 3 \text{ سهر} \times \frac{\text{ض خ}}{\sqrt{3}} \text{ جتا } \phi \text{ وات}$$

$$= \sqrt{3} \times \text{سهر} \times \text{ض خ} \times \text{جتا } \phi \text{ وات}$$

٢ - توصيل الدالتا ( $\Delta$ ): - في حالة الجمل المزن تكون القدرة الكلية في الدائرة =

مجموع القدرات في الثلاثة أوجه ونجد أن :-

$$\text{القدرة الكلية في الدائرة} = 3 \text{ سهر} \cdot \text{ض و} \cdot \text{جتا } \phi \quad (١)$$

$$\text{وحيث أن سهر} = \sqrt{3} \text{ سهر} \cdot \text{ض و} = \frac{\text{سهر}}{\sqrt{3}}$$

$$6 \text{ ض خ} = \text{ض و} \text{ وبالتعويض في (١)}$$

$$\therefore \text{القدرة الكلية في الدائرة} = 3 \times \frac{\text{سهر}}{\sqrt{3}} \times \text{ض خ} \cdot \text{جتا } \phi$$

$$= \sqrt{3} \times \text{سهر} \times \text{ض خ} \cdot \text{جتا } \phi$$

ولإيجاد معامل القدرة من قراءة وامتتيرين في دائره ثلاثه أوجه حيث و =  
قراءه أحد الواتمتيرين ، و  $\rho$  قراءه الواتمتير الآخر :

$$\therefore \text{معامل القدرة} = \phi = \sqrt{1 + \left( \frac{r_1 - r_2}{r_1 + r_2} \right)^2}$$

أمثلة محاولة عن القدرة في دوائر التيار المتغير :

مثال ۱ :

مولد يندى خط ثلاثة أوجه في حالة إتران توصيله نجمة وتيار الخط ٩٠ أمبير عند ضغط ١٣٣٠ فولت ومعامل قدرة ٠,٨٥، تأخر - أوجد القدرة السككية المستهلكة في الخط - وقدرة المولد .

### الحل : -

القدرة لكل وجه = ص, سه, جتا,  $\phi$ .

$$101,7 \text{ کیلووات} = \frac{0,15 \times 90 \times 1330}{1000} =$$

∴ القدرة الكلية للمولد  $= 3 \times 101.7 = 305.1$  »

بالتنسبة للخط صرخ  $\sqrt{3} = 1330 \times \sqrt{3} = 2300$  فولت

∴ القدرة الكلية  $V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}$  جقا  $\phi$ .

$$\frac{1,732 \times 2300 \times 90 \times 0,85}{1000} =$$

$$= 305 \text{ كيلووات .}$$

مثال ٢ : -

محرك ثلاثة أوجه توصيل نجمة قدرته ١٠٠ حصان يستغل على خط ٣٠٠٠ فولت - جودة هذا المحرك ٩٢٪ / ومعامل قدرته ٠,٩ بحسب التيار الكهربائي في السلك الخارجى :

$$\text{القدرة في الخط} = \frac{100 \times 746 \times 100}{92} = 81000 \text{ وات .}$$

$$\text{وحيث أن القدرة} = \sqrt{3} \text{ ص هـ ص هـ جتا } \phi$$

$$= \frac{\text{القدرة}}{\sqrt{3} \text{ ص هـ ص هـ جتا } \phi}$$

$$= \frac{81000}{\sqrt{3} \times 3000 \times 0,9} = 27,3 \text{ أمبير}$$

مثال ٣ : -

مولد كهربائي توصيل دلتا يعطى ٥٠٠ فولت عند سرعة معينة - يراد توصيله على شكل نجمة وإدارته عند نفس السرعة - بحسب الفولت الذى يعطيه .

الحل : -

$$\text{في حالة الدلتا ص هـ} = 500 \text{ فولت}$$

∴ صرخ عند توصيله نجمة  $\overline{V_{3ص}} = 1,732 \times 500$

$$= 866 \text{ فولت}.$$

مثال ٤ : -

محرك ثلاثة أوجه ٥٠ ذبذبة / ثانية عند توصيله نجمة كان التيار في الخط ٥ أمبير وضغط ٣٨٠ فولت - ومعامل قدرة ٠,٨ - أوجد شدة التيار في هذا المحرك عند توصيله دلتا وتشغيله على ضغط ٢٢٠ فولت مع ثبات معامل القدرة .

$$ص, \text{ عند توصيل المحرك } \Delta = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ فولت}$$

$$\therefore \text{ قدرة المحرك } = \overline{V_{3ص}} \times I_{ص} \times \cos \phi$$

$$\therefore \text{ قدرة المحرك } = 1,732 \times 5 \times 380 \times 0,8$$

$$\therefore I_{ص} \text{ في حالة توصيل } \Delta = \frac{0,8 \times 380 \times 5 \times 1,732}{0,8 \times 200 \times 1,732}$$

$$= 1,732 \times 5 = 8,66 \text{ أمبير}$$

## أسئلة وتمارين مختارة عن الباب الثاني

### القسم الأول والثاني

١ - عند إختبار محرك إستنتاجي وجه واحد كان الضغط على طرفية يحدده فولتمتر ١٢٠ فولت والتيار المار في الأمبير متر ١٠ أمبير وقراءه الواتمتر ١ كيلو وات إحسب معامل القدرة لهذه المحرك .

٢ - إحسب القدرة الحقيقية المولدة على طرفي مولد تيار متغير وجه واحد

إذا كان الفولتميتر الموضوع على لوجه التوزيع يسجل ضغط ٢٢٠ فولت والأمبير متر يسجل ٢٠ أمبير وجهاز معامل القدرة يسجل ٠,٨

٣ - عند إختيار محرك كهربائي تيار متغير وجه واحد كان الفولتميتر يقرأ ١٢٠ فولت والأمبير متر يقرأ ٤٥٠ أمبير والواتمتر يقرأ ٥٠ كيلو وات إحسب ما يأتي :-

( أ ) القدرة الظاهرية ( ب ) محصلة المقاومات ( Z )

( ح ) المقاومة التأثيرية ( نل ) ( د ) المقاومة المادية

( هـ ) معامل القدرة ( و ) القدرة المفقودة .

٤ - يستهلك محرك كهربائي ٢٠٠ كيلو وات عند ضغط ٦ كيلو فولت ومعامل قدره ٠,٦ إحسب السعة التي تتصل بالخط لكي ترفع معامل القدرة إلى ٠,٩ عند تردد ٥٠ ذبذبة / ث

حل ٤ :-

$$\text{جنا } \phi = ٠,٦ \quad \therefore \phi = ١٠^\circ ٥٣ \therefore \phi = ١,٣٣٥$$

$$\text{جنا } \phi = ٠,٩ \quad \therefore \phi = ٢٥^\circ ٥٠ \therefore \phi = ٠,٤٨٤$$

$$\omega = ٢ \pi \times ٦ \times ٥٠ = ٣١٤ \text{ ثانية}^{-١}$$

$\therefore$  السعة التي تحسن معامل القدرة من ٠,٦ إلى ٠,٩

$$= \left( \frac{\text{القدرة}}{\omega \times \text{صر}} \right) (\phi_1 - \phi_2)$$

$$= \frac{١٠٠٠ \times ٢٠٠}{٣١٤ \times ٦٠٠٠} (٠,٤٨٤ - ١,٣٣٥) = ٠,٠٠٠١٥ \text{ فاراد}$$

= ١٥٠ ميكروفاراد

٥ - محطة كهربائية بها مولد تيار متغير قدرته ٢٠٠ كيلو فولت أمبير ،  
١٠٠ فولت - إحسب القدرة الحقيقية عند معامل قدره ٠,٨ ، ٠,٦ ، ٠,٤ ، ٠,٢ ،  
٦ - محرك وجه واحد يشتغل على ٢٢٠ فولت ومعامل قدره ٠,٨ وقدرته  
١٠ حصان وجودته ٨٥٪ - إحسب قدرة المولد الذى يعذى هذا المحرك عن طريق  
خط طوله ٥٠ متر مصنوع من النحاس مساحة مقطعة ٦ مم<sup>٢</sup> بعرض إهمال  
الممانعة الاستنتاجية للخط .

٧ - عند قراءه اللوحة التى على محرك وجه واحد ٠ ص = ١٢٠ فولت  
٥ أمبير معامل القدرة = ٠,٨ إحسب كل من الممانعة السككية  
والتأثيرية والمادية لهذا المحرك .

٨ - ملف له قلب حديدى وصل بمنبع تيار متغير وجه واحد عند توصيله  
بقولتметр قرأ ١٢٠ فولت وأمبيرمتر قرأ ٥ أمبير وواتمتر قرأ ٢٠٠ وات - إذا علم  
أن مقاومة الملف ٢ أوم - إحسب معامل القدرة والقوة الدافعة الكهربائية  
للاستنتاج النفسى . والقدرة المفقودة فى الأسلاك والقدرة المفقودة فى القلب  
الحديدى .

٩ - ملف له قاب من الصلب - معامل القدرة له ٠,٢ وصل بمنبع متغير ٦٠  
فولت وكان التيار المار به ٣ أمبير والمقاومة التأثيرية له ٢ أوم ظا - إحسب القدرة  
المفقودة فى الأسلاك والقدرة المفقودة فى القلب الحديدى - والقوة الدافعة الكهربائية  
للاستنتاج النفسى .

١٠ - حمل ثلاثة أوجه ممانعهم على الترتيب  $Z_1 = ٥$  أوم  $Z_2 = ٦$  أوم  
١٠ أوم  $Z_3 = ٢٠$  أوم وملف الحمل متصل بنجمة ومتصل بضغط ٣٨٠ فولت  
إحسب التيار فى الخط المشترك إذا كان معامل القدرة لكل وجه هو نفس زاوية  
وجه كل فرع .



١١ - ضغط خط التغذية لمحرك ثلاثة أوجه ٢٢٠ فولت إذا كانت الممانعة الكلية للملفات المحرك = ١٠ أوم ظاهري - احسب تيار الخط واحسب التيار المار في ملفات المحرك إذا كان التوصيل دلتا .

١٢ - حمل متساوي ثلاثة أوجه المقاومة للمادية لكل وجه ٦ أوم والممانعة التأثيرية لكل وجه ٨ أوم طا إذا كان ضغط الخط ٢٢٠ فولت - احسب القدرة في هذا الحمل إذا كان متصلاً نجمه .

١٣ - ضغط الخط ٣٨٠ فولت يغذى حمل ثلاثة أوجه متصل دلتا - إذا كان الوجه الأول مقاومته المادية ٨ أوم والتأثيرية ٤ أوم ظاهري والوجه الثاني مقاومته المادية ٢ أوم والتأثيرية ٦ أوم ظاهري والوجه الثالث مقاومته المادية ٣ أوم والتأثيرية ٥ أوم ظاهري - احسب القدرة الكلية في الثلاثة أوجه .

١٤ - إذا كان ضغط الخط ٢٢٠ فولت لتيار ثلاثة أوجه أربعة أسلاك وكانت الأحمال عبارة عن ٩٠ مصباح متوهج كل منها قدرته ١٥٠ وات موزعة بالتساوي على الأوجه الثلاثة احسب ضغط المصابيح وتيار الخط .

١٥ - ثلاثة مجاميع من المصابيح متساوية القدرة كل مجموعة تحتوي على عشرة مصابيح متصلة بين خطوط ثلاثة أوجه كل مصباح يأخذ ٧ أمبير - احسب تيار الخط .

١٦ - محول ثلاثة أوجه القدرة الاسمية له ٥٠ كيلو فولت أمبير احسب القدرة الحقيقية له عند معامل قدرة ١، ٠،٨، ٠،٦، ٠،٢ .

١٧ - ما التيار الممكن أخذه عند قدرة ٥،٤ كيلوات لمحرك ثلاثة أوجه إذا كان ضغط الينبوع ٢٢٠ فولت وكان معامل القدرة للمحرك ٠،٨ .

١٨ - ثلاثة ملفات إستنتاجية متصلة نجمة المقاومة للمادية لكل ملف ٦ أوم والمقاومة الإستنتاجية لكل ٥ أوم ظاهري - احسب القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية التي تستهلكها الملفات الثلاثة إذا كان ضغط الينبوع ٢٢٠ فولت (٩ - الكهربية)

١٩ — ملف ذو قلب حديد مقاومته المادية ٤ أوم والتأثيرية ٦ أوم ظاهرى وصلت ثلاثة ملفات نجمة — ما هى قراءة الواحتر ذو الثلاثة أوجه إذا كان ضغط الينبوع ٢٢٠ فولت .

٢٠ — مولد ثلاثة أوجه يولد ضغط ٢٢٠ فولت متصل بمحمل وبجهاز وأحتر وكانت قراءة الواحتر ١٣,٢ كيلوات وإذا كان الحمل متصل دلنا ويحتوى على مصابيح متوهجة كل مصباح يأخذ تيار مقداره ٠,٢٥ أمبير كم مصباح متصل بالمولد ؟

٢١ — محرك ثلاثة أوجه قدرته ٣ حصان متصل بخط كهربائى ٢٢٠ فولت — إذا كان معامل القدرة لهذا المحرك ٠,٨ احسب التيار الذى يسحبه المحرك من الخط .

٢٢ — محرك ثلاثة أوجه متصلة دلنا ومتصلة بخط ضغطه ١٢٠ فولت مقاومات كل ملف المادية والتأثيرية على الترتيب هى : ٣<sup>١</sup> أوم و ٢٠<sup>١</sup> أوم ظاهرى ٢<sup>٢</sup> أوم و ١٥<sup>٢</sup> أوم ظاهرى ٦<sup>٣</sup> أوم و ٣٠<sup>٣</sup> أوم ظاهرى — احسب القدرة الحقيقية المستهلكة فى الثلاثة ملفات .

٢٤ — مكتوب على لوحة بيان لمولد ثلاثة أوجه ما يأتى : الضغط = ١٢٧ فولت ، التيار = ٤٠ أمبير ما هو الحد الأقصى لعدد المصابيح المتوهجة الممكن توصيلها إلى المولد — إذا كانت المصابيح متصلة مع المولد دلنا إذا كان تيار كل مصباح ٠,٢٥ أمبير .

٢٥ — فى دائرة كهربائية وجه واحد تحتوى على محركات وإتاره — وجد أن التيار الكلى المسحوب ٥٠ أمبير والضغط ٢٢٠ فولت — والقدرة المستهلكة ٨,٨ كيلوات — احسب معامل القدرة لهذه الدائرة — وما هى الزاوية بين الضغط واليار وما قيمة التيار الغير نافع .

٢٦ - مولد كهربائي موصل على شكل دلتا - يعطى ضغط مقداره ٥٠٠ فولت - يراد توصيله على شكل نجمة وبنفس السرعة السابقة - إحسب قيمة الضغط في هذه الحالة .

٢٧ - محرك ثلاثة أوجه توصيل نجمة قدرته ١٠٠ حصان يشتغل على خط كهربائي ضغطه ٣٠٠٠ فولت إذا علم أن جودة هذا المحرك ٩٢٪ - ومعامل قدرته  $\cos \phi = 0.9$  - إحسب التيار في خط التغذية .

## الباب الثالث

### المحولات الكهربائية Transformers

٣٠ مقدمة :

المحول الكهربائي جهاز إستراتيجي يستعمل لرفع أو خفض كل من الضغط والتيار في دوائر التيار المتغير ويتبع إرتفاع الضغط إنخفاض في التيار والعكس صحيح يتبع إنخفاض الضغط إرتفاع في التيار - ولذلك تعتبر هذه الخاصية من أهم مميزات التيار المتغير التي جعلت من إستعماله أكثر شيوعاً وإنتشاراً من التيار المستمر .

والسبب الأساسي في تفضيل التيار المتغير عن التيار المستمر هو إمكانية نقل القدرة الكهربائية إلى مسافات بعيدة جداً دون الحصول على فقد كبير فيها وبأقل التكاليف والفضل في هذه الميزة يرجع إلى المحول الكهربائي - ولتقريب هذه الميزة إلى الفهم نفرض أن لدينا طاقة كهربائية مولدة من محطة توليد مقدارها ١٠٠٠ كيلوات ويراد نقل هذه الطاقة إلى مسافات بعيدة حيث أماكن الاستهلاك - كما هو الحال في توليد الطاقة الكهربائية عند السد العالي ويراد نقلها من أسوان إلى القاهرة ولنفرض أن الضغط عند محطة التوليد ٥٠٠ فولت - لذلك يجب حساب قيمة التيار حتى يمكن تحديد مقطع الخط المستخدم لنقل هذه القدرة .

$$\therefore \text{القدرة} = \sqrt{3} V \text{ ص . ش . جتا } \phi$$

$$\text{وإذا فرضنا أن معامل القدرة جتا } \phi = ١$$

$$\therefore \text{ش} = \frac{\text{القدرة ( بالوات )}}{\sqrt{3} \text{ ص } \times \text{ ( بالفولت )}}$$

$$١١٥٥ \text{ أمبير} = \frac{١٠٠٠ \times ١٠٠٠}{٥٠٠ \times ١,٧٣٢} =$$

لذلك يجب أن يصمم الخط الثلاثى الأوجه بحيث يتحمل مقطعه هذا الحجم الكبير للتيار ومن هذا يظهر عدم إمكانية إنشاء هذا الخط وبالأخص فى حالة مثل نقل القدرة من أسوان إلى القاهرة أكثر من ٩٠٠ كيلو متر - حيث ترتفع تكاليف إنشاء الخط بسبب المقطع الكبير للسلك الحامل لهذا التيار وكذلك ضخامة الأبراج الحاملة له - هذا علاوة على الفقد العالى للقدرة فى الخط .

ولكن عند تحويل ضغط التوليد إلى ضغط عالى باستخدام المحول الكهربائى عند محطة الإرسال وليكن الضغط ١٠٠ كيلوفولت ( أى ١٠٠,٠٠٠ فولت ) فإن التيار فى هذه الحالة ينخفض إلى :

$$\text{ش} = \frac{١٠٠٠ \times ١٠٠٠}{٣٧ \times ١٠٠,٠٠٠} = ٥,٧٧٥ \text{ أمبير}$$

ويتضح من هذا المثال الفائدة الكبيرة نتيجة استخدام ضغط عالى فى نقل القدرة إلى مسافات بعيدة وبالأخص فى القدرات العالية وكذلك إذا ما أخذ فى الاعتبار مقدار نقص القدرة المفقودة عند الضغط العالى .

وكما هو معروف أن ضغط التوليد يتراوح بين ٥٠٠ فولت إلى ١٠٠٠٠ فولت وهذا الضغط لا يصلح لىكى رسل عنده الطاقة الكهربائية وبالأخص كلما زادت هذه الطاقة وكذلك كلما زادت المسافة بين محطة الإرسال وأما كنى الاستهلاك ( الاستقبال ) وفى حالة السد العالى يرفع ضغط المولد إلى ٥٠٠ كيلو فولت وتقل الطاقة الكهربائية عند هذا الضغط ثم يخفض هذا الضغط مرة أخرى فى القاهرة ومحافظات الوجه البحرى إلى ضغط الاستهلاك ٢٢٠ و ٣٨٠ فولت - ومن هنا تظهر أهمية المحولات حيث تستخدم عند محطات التوليد لرفع الضغط وكذلك تستخدم فى أما كنى الاستهلاك أو القرب منها لخفض الضغط إلى ضغط الاستهلاك .

### ٣١ مميزات نقل القدرة الكهربائية بضغط مرتفع :

- ١ - تقليل القدرة الكهربائية المفقودة .
- ٢ - انخفاض تكاليف إنشاء الخط الكهربائي .
- ٣ - إمكانية نقل القدرة إلى مسافات بعيدة باستخدام محول رفع عند الإرسال ومحول خفض عند الاستقبال أى فى أما كن الإستهلاك .

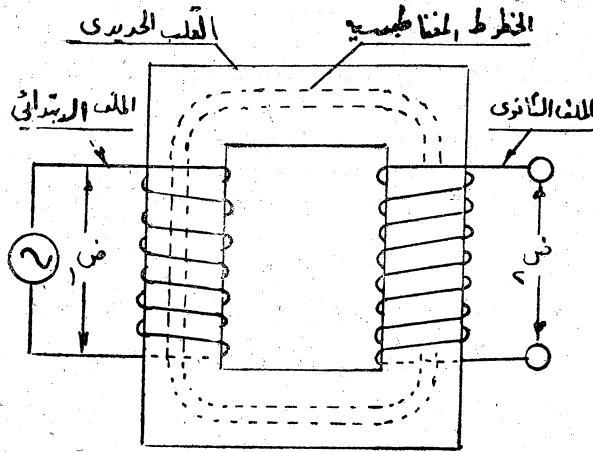
#### حساب القدرة المفقودة فى الخط :

فى مثالنا السابق حسبنا التيار عند ضغط ٥٠٠ فولت كان ١١٥٥ أمبير وكان التيار عند ضغط ١٠٠,٠٠٠ فولت ٥,٧٧٥ أى عند رفع الضغط بنسبة ١ : ٢٠٠ ينخفض التيار إلى  $\frac{1}{200}$  من التيار فى حالة الضغط المنخفض وكما نعلم أن القدرة المفقودة =  $I^2 R$  حيث  $R$  = شدة التيار المار فى الخط  $R$  مقاومة الخط المادية - وإذا اعتبرنا أن  $R$  ثابتة فى الحالتين حتى تسهل المقارنة فإن القدرة المفقودة تقل بنسبة  $\frac{1}{200}$  أى  $\frac{1}{40,000}$  من القدرة المفقودة عند الضغط ٥٠٠ فولت .

### ٣٢ : نظرية تشغيل المحول :

بنيت المحول على نظرية الاستنتاج المتبادل بين ملفين يربط بينهما قلب حديدي كما هو مبين بشكل ٣ - ١ وكما هو واضح أنه لا يوجد ارتباط كهربائى بين الملفين ولكن يوجد ارتباط مغناطيسى بينهما حيث أن القلب الحديدي يجمع بينهما

مغناطيسياً وعند توصيل أحد الملفات ينبوع تيار متغير ويسمى الملف في هذه الحالة بالملف الابتدائي Primary - ويوصل الملف الثانى بالدائرة الكهربائية أو الحمل المراد تغذيته ويسمى هذا الملف بالملف الثانوى secondary .



شكل ٣ / ١ نظرية المحول الكهربائي

وعند توصيل الملف الابتدائي ينبوع تيار متغير يتولد مجال مغناطيسى متغير في القلب الحديدي مقداره  $\Phi$  يقطع الملف الثانوى وتولد به  $v_s$  .  $i_s$  .  $i_p$  . بالإستنتاج المتبادل - وعند قفل دائرة الملف الثانوى بحمل معين يسرى به تيار وتقل بذلك طاقة كهربائية من الملف الابتدائي إلى الثانوى بواسطة هذا التأثير المغناطيسى وحيث أن خطوط المجال المغناطيسى تحيط كذلك بلفات الملف الابتدائي فإنه يتولد به نتيجة لتغير اتجاه ومقدار هذه الخطوط المغناطيسية قوة دافعة كهربائية مضادة بسبب التأثير النفسى لهذا الملف - وإذا أهملنا الفقد في المقاومة المادية للملف الابتدائي فإن  $v_s$  .  $i_s$  .  $i_p$  . المضادة تساوى ضغط الينبوع  $v_p$  ( ويكون هذا الفرض أقرب إلى الصحة في حالة فتح دائرة الملف الثانوى أى أنه في حالة عدم الحمل حيث يكون تيار الثانوى صفراً ) .

• إذا فرضنا أن عدد لفات الابتدائي  $N_p$  لفة  $N_s$  فإن  $v_s$  .  $i_s$  .  $i_p$  . المضادة

$$\frac{1^{\text{ص}}}{1^{\text{ن}}} = \text{التي تتولد في كل لفة من لفات الإبتدائي}$$

وإذا فرضنا أن الخطوط المغناطيسية المحيطة بالملف الإبتدائي كلها تحيط بالملف الثانوي فإنه يتولد في كل لفة من لفات الملف الثانوي  $2. \text{د. هـ.}$  مقدارها يساوي

$$\frac{1^{\text{ص}}}{1^{\text{ن}}} \text{ فولت أيضا وإذا كان عدد لفات الملف الثانوي } = 2. \text{د. هـ. فإن مقدار}$$

$$2. \text{د. هـ. ل. التي تتولد في الملف الثانوي} = \frac{1^{\text{ص}}}{1^{\text{ن}}} \times 2. \text{د. هـ. فولت.}$$

وعند عدم الحمل لا يمر تيار في الملف الثانوي وبذلك يكون الضغط على طرفيه  $2. \text{د. هـ. لا يساوي}$  المتولدة في هذا الملف أي أن : -

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1^{\text{ص}}}{1^{\text{ن}}} \times 2. \text{د. هـ.} = 2. \text{د. هـ.} \\ \frac{1^{\text{ص}}}{1^{\text{ن}}} \times \frac{2. \text{د. هـ.}}{1^{\text{ن}}} = 2. \text{د. هـ.} \\ \frac{2. \text{د. هـ.}}{1^{\text{ن}}} = \frac{2. \text{د. هـ.}}{1^{\text{ن}}} \end{array} \right\} \quad \frac{1^{\text{ص}}}{2. \text{د. هـ.}} = \frac{1^{\text{ص}}}{2. \text{د. هـ.}} \quad \text{أي أن}$$

وبذلك تكون نسبة الضغط على طرفي الثانوي إلى الضغط على طرفي الإبتدائي كنسبة عدد لفات الملف الثانوي إلى عدد لفات الملف الإبتدائي تقريبا ونسمى

النسبة  $\frac{1^{\text{ص}}}{2. \text{د. هـ.}}$  بنسبة التحويل Transformation Ratio ويسمى المحول بإسم

محول خفض  $\text{step down}$  إذا كان ضغط الإبتدائي أكبر من ضغط الثانوي وعكس هذه الحالة يسمى المحول بإسم محول رفع  $\text{step up}$  إذا كان ضغط الإبتدائي أصغر من ضغط الثانوي.

وإذا أهملنا المفايد المختلفة للمحول فإن خرج المحول يكون مساويا لدخل المحول أي أن : -



$$I_1 \times Z_1 = I_2 \times Z_2$$

$$\therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

ويمكن القول أن نسبة التيار في الملف الابتدائي إلى الثانوي = مقلوب نسبة التحويل .

### ٣٢٢ - القوة الدافعة الكهربائية في المحول :

إذا فرضنا أن  $\Phi$  هي رمز النهاية العظمى للمجال المغناطيسي المحيط بالملفات .  
و  $t$  رمز إلى تردد اليمبوع في الثانية  $\omega$  رمز إلى الزمن .

$$\text{فإن } \frac{d\Phi}{dt} = 10 \times \frac{\Phi}{t} \text{ فولت .}$$

ونظراً لأن التدفق المغناطيسي يرتفع من صفر إلى نهاية عظمى  $\Phi$  خط في زمن مقداره  $t$  زمن الدورة الواحدة .  $\therefore \frac{\Phi}{t} = 10 \times \frac{\Phi}{t}$  هذا يعني أن

$$\text{أي أن الزمن } t = \frac{1}{f} \text{ ثانية . } \left( \frac{1}{f} = \frac{1}{10} \right) \text{ الزمن (دورتي) للزبد به } \frac{1}{f}$$

$$\therefore \text{متوسط معدل تغير التدفق} = \frac{\Phi}{t} = \frac{\Phi}{\frac{1}{f}} = \Phi \times f \text{ خط / ثانية}$$

$$\therefore \text{لـ } \frac{d\Phi}{dt} = \Phi \times f = 10 \times \Phi \text{ فولت .}$$

وفي حاله ماتكون موجة اليمبوع عبارة عن منحنى جيبي فإن معامل الشكل لها = ١,١١ .

∴  $v . s . l$  . المتولدة في كل لفة  $= 1,11 \times 4 \times \phi \times t$  فولت .  
 $10^{-8}$  فولت .

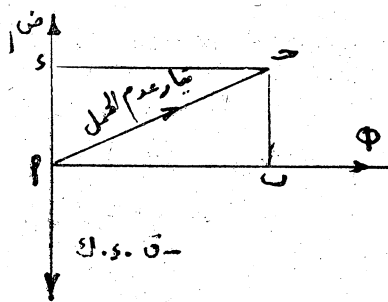
$$= 4,44 \phi \times t \times 10^{-8} \text{ فولت .}$$

∴  $v . s . l$  في الملف الابتدائي  $= 4,44 \phi \times t \times 10^{-8}$  فولت

$v . s . l$  في الملف الثانوي  $= 4,44 \phi \times t \times 10^{-8}$  فولت

### ٣٢٣ ريار عدم الحمل : -

عندما يكون الملف الابتدائي متصلاً ببنوع متغير وكانت دائرة الملف الثانوي مفتوحة - فإنه يمر في الملف الابتدائي تيار صغير يسمى تيار عدم الحمل يمثلثة المسقيم  $a$  كما في شكل ٣ - ٢ ويمكن إعتبار المحول في هذه الحالة كلف خائق إذ أن



معامل التأثير النفسى للملف الابتدائي يكون كبير جداً بالنسبة للمقاومة المادية ولذلك يكون تيار عدم الحمل متأخراً عن ضغط الينبوع ويتوقف مقدار هذا التأخر على قيمة الفقد في المقاومة المادية للملف الابتدائي وكذلك على الفقد الحديدي

في القلب بسبب التعويق المغناطيسى شكل ٢/٣ موجه تيار عدم الحمل

والتيارات الإعصارية - ولما كان الفقد في المقاومة المادية صغيراً فإن مركبة التيار هذه تسمى مركبة الفقد الحديدي للتيار  $b$  والمركبة الأخرى  $a$  تصنع مع ضغط الينبوع زاوية مقدارها  $90^\circ$  وهذه هي التي تسبب التدفق المغناطيسى في القلب الحديدي وواضح أنه لا ينشأ عن هذه المركبة فقد في القدرة - وإذا أهملنا المفايد - فإن الرسم البياني كما بالشكل فيه  $v . s . l$  المتولدة في الملف الابتدائي نتيجة التأثير النفسى تكون متأخرة عن التدفق  $\phi$  بمقدار  $90^\circ$  ونظراً لأن هذه

القوة الدافعة الكهربائية تكون مضادة لضغط الينبوع فإن صـ ١ يمثل ضغط الينبوع ويكون مقدماً عن  $\phi$  بمقدار  $90^\circ$

$$\text{وإذا فرضنا أن } \phi = \phi \text{، حـ } \omega \text{ سـ}$$

١. ٢. ٣. لـ المتولدة في كل لفة من لفات الابتدائي

$$= \frac{\phi \omega}{\omega \text{ سـ}} \times 10^{-8}$$

$$= \phi \omega \times \text{حـ } \omega \text{ سـ} \times 10^{-8} \text{ فولت}$$

$$= \phi \omega \text{ حـ } \left( \frac{\tau}{2} - \omega \text{ سـ} \right)$$

ومن ذلك يتضح أن ١. ٢. ٣. لـ المتولدة بالتأثير النفسى فى الملف الابتدائي تكون متأخرة عن التدفق  $\phi$  بمقدار  $90^\circ$ .

#### ٣٢٤ تحميل المحول وتأثير تيار الثانوى : —

عند توصيل الملف الثانوى بحمل وكان الملف الابتدائي متصلاً بـينبوع فإن :

١. ٢. ٣. لـ = الضغط فى الملف الابتدائي الناتج عن التأثير النفسى .

١. ٢. ٣. لـ = القوة الدافعة الكهربائية المتولدة فى الملف الثانوى .

فإن التيار المار فى الملف الثانوى سـ ٢ يسبب تدفق مضاد للتدفق الناشئ من مرور التيار سـ ١ فى الملف الابتدائي فيضعفه ونتيجة لذلك تقل ١. ٢. ٣. لـ الناتجة عن التأثير النفسى وبذلك يزداد تيار الابتدائي وبذلك يكون التدفق الموجود فعلاً فى القلب الحديدي هو محصلة التدفق الابتدائي والتدفق الثانوى وبذلك يزيد أمبير

لغات الابتدائي بمقدار يساوى ويضاد الأمبير لغات الثانوى - ويكون تيار الابتدائي هو المجموع البياني لتيار عدم الحمل والتيار اللازم لمعادلة التيار الثانوى .

### الهروب المغناطيسى :-

يعر معظم التدفق الذى ينشأ من مرور تيار الابتدائي فى القلب الحديدى للمحول ويحيط بالملف الثانوى ويسبب توليد  $I_s$  به كما أن بعض هذه الخطوط يمر خارج القلب الحديدى حول ملف الابتدائي والثانوى - وتسمى هذه الخطوط بالتدفق الهارب - والخطوط المغناطيسية التى حول الملف الابتدائي ينتج عنها قوة دافعة كهربائية فى هذا الملف زيادة على القوة الدافعة الكهربائية الرئيسية ويكون تأثير هذا التدفق الهارب هو زيادة المقاومة التأثيرية للملف الابتدائي ( ١٥٤ ) وكذلك التدفق الهارب حول الملف الثانوى يزيد من المقاومة التأثيرية للملف الثانوى ( ١٥٥ ) - وهذا يقلل من جورة المحول .

### ٤٢٥ مفاهيم فى المحولات :-

لا توجد فى المحولات مفاهيم بسبب الاحتكاك والهواء كما هو الحال فى المحركات - وبذلك تكون مفاهيم المحولات هى مفاهيم النحاس ومفاهيم الحديد فقط - ولذلك فإن جورة المحولات تكون مرتفعة عن جورة الآلات الدائرية وتصل إلى ٩٨٪ .

### ( ١ ) مفاهيم الحديد :-

مفاهيم الحديد هى الناشئة من التعويق المغناطيسى والتيارات الإعصارية وتنتج هذه المفاهيم بسبب تغير التدفق - ونظراً لأن قيمة التدفق تكاد تكون ثابتة فإنه يمكن اعتبار أن مفاهيم الحديد ثابتة لجميع الأحمال .

$$\therefore \text{مفاهيم التعويق} = I_s^2 R_s \text{ . ت } \times ١٠^{-٦} \text{ وات لكل سم}^2$$

٦ مفايد التيارات الإعصارية =  $I_p$  (ب، تى)  $10^{-10} \times 10^{-10}$  وات لكل سم<sup>٣</sup>

حيث  $I_p$  = معامل التعويق ويتوقف على نوع القلب الحديدي .

٦ ب = كثافة الازدحام المغناطيسى .

٦ ت = التردد / ثانية .

٦ ي = عدد ثابت .

ويمكن الحصول على هذه المفايد بإجراء تجربة الدائرة المفتوحة - حيث أنه إذا أهملنا الفقد فى مقاومة الابتدائى المادية تكون القدرة المفقودة فى المحول عند الدائرة المفتوحة هى مفايد الحديد .

(ب) المفايد النحاسية : -

وهى القدرة المفقودة فى ملفات المحول وتناسب مع مربع التيار أو الخرج بالكيلو فولت / أمبير - ويمكن الحصول على هذه المفايد بإجراء تجربة القصر الدئرى .

المفايد النحاسية =  $I_p^2 R_p$  حيث  $R_p$  هى مقاومة المحول السلكية منقوله إلى دائرة الثانوى .

$$\therefore \text{جورة المحول} = \frac{\text{الخرج}}{\text{الخرج} + \text{مفايد الحديد والنحاس}}$$

$$= \frac{I_p^2 R_p \cos \phi}{I_p^2 R_p \cos \phi + I_p^2 R_p \sin \phi + I_p^2 R_p}$$

حيث  $I_p \cos \phi$  = مفايد الحديد  $I_p \sin \phi$  = مفايد النحاس

$$\therefore \text{الجودة} \% = \frac{\text{الدخل} - \text{المفايد}}{\text{الدخل}} \times 100$$

$$= 1 - \frac{\text{المفايد}}{\text{الخرج} + \text{المفايد}} \times 100$$

وتبلغ الجورة نهايتها العظمى عندما تكون مفايد الحديد مساوية لمفايد النحاس .

ويحسب خرج المحول بالكيلو فولت أمبير أما الجودة فهي بالنسبة بين القدرة الحقيقية الخارجة من المحول بالكيلوات إلى القدرة الحقيقية الداخلة إلى المحول بالكيلوات أيضاً وبذلك تقوَّف الجودة على معامل القدرة وعلى الحمل أيضاً .

(ح) ولايجاد مفايد النحاس عند أى حمل :-

مفايد النحاس عند حمل مقداره ش =  $\eta \times$

$$\times \left( \frac{\text{تيار الحمل ش}^2}{\text{تيار الحمل الكامل (ش)}} \right)$$

حيث ش تيار الحمل المطلوب إيجاد مفايد النحاس عنده

$$\eta = \text{مفايد النحاس} .$$

$$\text{ش} = \text{تيار الحمل الكامل} .$$

$$\therefore \text{مفايد النحاس عند } \frac{1}{2} \text{ الحمل الكامل} = \eta \times \left( \frac{1}{2} \right)^2$$

$$= \frac{1}{4} \eta \times \text{وات}$$

## ٣٣٣ تركيب المحولات الكهربائية :-

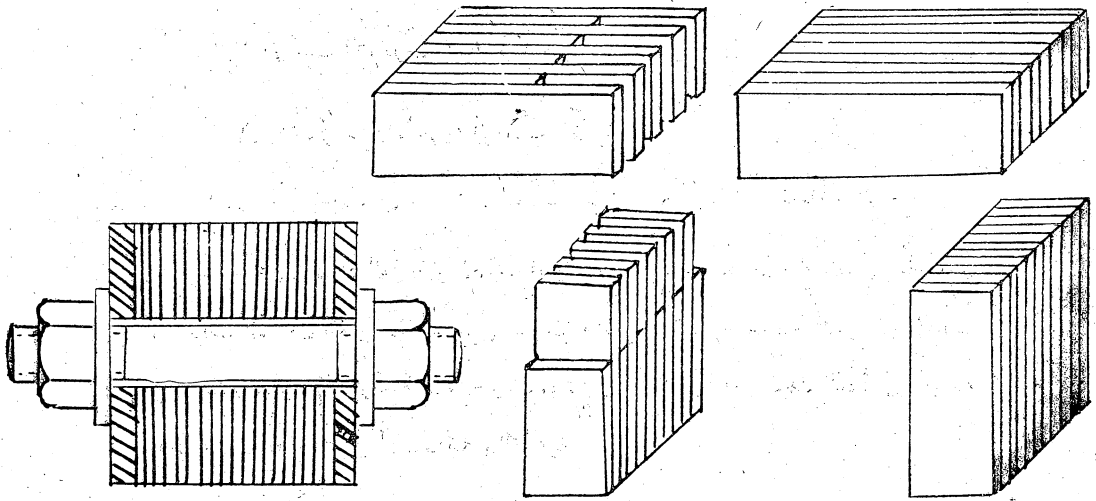
يتركب المحول من الأجزاء الرئيسية الآتية :-

١ - القلب الحديدي ٢ - الملفات الابتدائية ٣ - الملفات الثانوية .

هذا بخلاف المواد العازلة وكذلك أدوات تجميع وربط صفائح القلب الحديدي وكذلك العلاف الخارجى للمحول بما يحويه من تركيبات خاصة بالتبريد وكذلك زيت للتبريد وجهاز بوخاز للوقاية ومستودع زيت للتبريد وكذلك العوازل الخاصة بأطراف ملفات المحول الابتدائية والثانوية .

## ٣٣٣١ القلب الحديدي :-

وظيفة القلب الحديدي حمل الفيض المغناطيسى وتكشيفه وعموماً يصنع القلب الحديدي من صفائح صلب محولات وتتكون من صلب سليلكونى وتتكون نسبة السليلكون من ٣ - ٤ ٪ وهذا المعدن ذو معامل تفاض عالى - وهذه الصفائح تكون معزولة عن بعضها بدهان أحد أسطحها بمادة عازلة كالورنيش - وتختلف طريقة تثبيت صفائح القلب تبعاً لحجم القلب - فتوصل الشرائح الرأسية بالشرائح الأفقية بواسطة وصلات سطحية كما بالشكل ٣ - ٣ أو وصلات متداخلة كما بالشكل ٣ - ٤ - والوصلات المتداخلة أفضل من الوصلات السطحية لتقليل المقاومة المغناطيسية وتسرب الفيض المغناطيسى وتستعمل الوصلات السطحية فى المحولات الكبيرة لتسهيل فك المحول عند إصلاحه - فترفع الوصلة الأفقية مرة واحدة دون الحاجة إلى فك المحول جميعه - وتختلف طريقة تثبيت الرقائق الصفيح فى الفرع الواحد تبعاً لحجم القلب فى المحولات الكبيرة تستعمل ألواح جانبية على شكل خوص من الصلب وتتكون معزولة عن الرقائق بورق مضغوط وهذه الخوص توضع على جانبي الرقائق وتثبيت بواسطة مسامير فلاووظ تمر خلال الصفائح كما فى شكل ٣ - ٥ .



شكل ٣/٣ وصلة سطحية      شكل ٤/٣ وصلة متداخلة      شكل ٥/٣  
طريقة ربط الصفائح مسامير ( بعد عزلها عن الصفائح ) بأوجه النقوبة

وفي المحاولات المتوسطة والصغيرة يكتفى عند تركيب المسامير إستعمال هذه الخوص الجانبية بسمك ثلاثة أضعاف أو أربعة أضعاف الرقائق - وعند تركيب المسامير لتخترق الرقائق يلزم عزلها كهربائياً عن الرقائق - إم بدهان سطح المسامير بالورنيش أو عملاً أنبوبة رقيقة من البيسكليت أو أى مادة عازلة تتركب حول جزء المسامير المحترق الرقائق حتى لا تفصل الرقائق ببعضها عن طريق المسامير - وبذلك تتلافى حدوث تسخين موضعي نتيجة للتيارات الإعصارية - فتتلف المادة العازلة للرقائق .

#### (١) أنواع القلب الحديدى :

في محولات الوجه الواحد يمكن تقسيم القلب إلى نوعين رئيسيين من حيث شكل القلب :

أولاً : القلب الداخلى :-

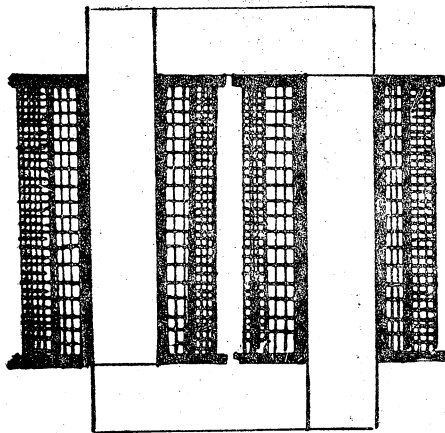
وفي هذا القلب يسير التدفق المغناطيسى في دائرة واحدة وتلف الملفات حول



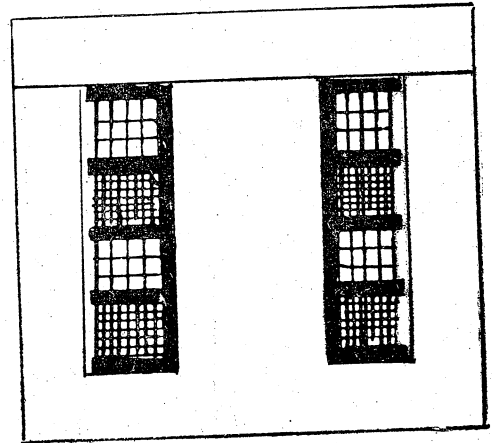
كل من فرعى القلب بشرط أن تقسم ملفات الضغط المنخفض إلى نصفين كل نصف يلف على فرع وكذلك ملفات الضغط العالي تقسم إلى قسمين كل قسم يلف فوق ملفات الضغط المنخفض كما هو واضح في شكل ٣ - ٦ ويسمى هذا النوع بالقلب الداخلي (مفتوح) Core type .

#### ثانياً : القلب الخارجي المقل Shell Type

ويسمى بالقلب ذو الغلاف الحديدي وفيه يسير التدفق المغناطيسي في دأرتين أى يكون للقلب ثلاثة أفرع رأسية يكون مساحة مقطع الفرع الأوسط ضعف مساحة مقطع الفرع الخارجى - ويوضع حول الفرع الأوسط ملفات الضغط العالي والمنخفض إما فوق بعضها بالنسبة لمحور القلب أو بحوار بعضها بالتناوب كما هو واضح في شكل ٣ - ٧ ويسمى هذا النوع بالقلب الخارجى (المقل) shell Type .



شكل ٦/٣ محول واحد ذو قلب داخلى Core type ويظهر قطاع فى حلقات الضغط المنخفض المحاورة للقلب وفوقها ملفات الضغط العالي

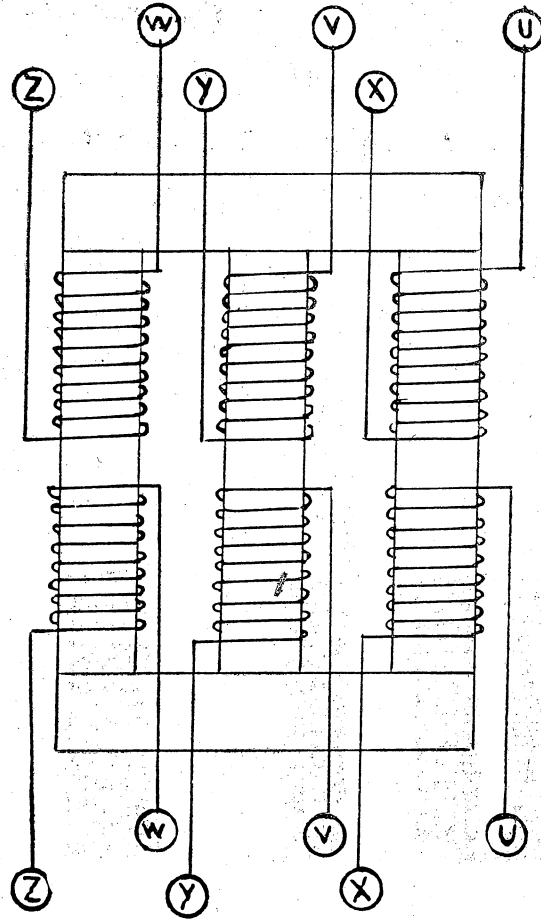


شكل ٧/٣ محول وجه واحد ذو قلب خارجى ويظهر قطاع فى ملفات الضغط العالي والمنخفض المرتبة بحوار بعضها بالتناوب

#### ثالثاً : قلب المحول ذو الثلاثة أوجه :

يستخدم لمحولات التيار ثلاثة أوجه قلب حديدي له ثلاثة فروع - كما فى محول

القلب الخارجى ولكن تختلف عنها فى أنها ذات مقطع متساوى فى الثلاثة أفرع هذا علاوة على أن ملفات الثلاثة أوجه توضع حول هذه الفروع الثلاثة والشكل ٣ - ٨ يبين قلب محول ثلاثة أوجه ويلاحظ توزيع ملفات الأوجه الثلاثة على الثلاثة



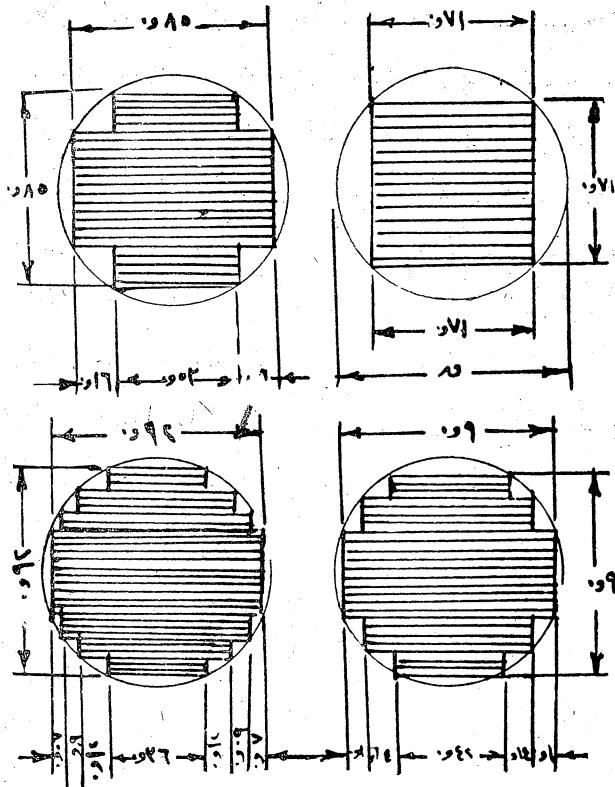
٨/٣ محول ثلاثة أوجه ويظهر منه طريقة توزيع ملفات الضغط العالى والمنخفض للأوجه الثلاثة على أفرع القلب الحديدى الثلاثة.

قلوب (أفرع) بشرط أن يوضع حول كل فرع ملفات للضغط العالى والمنخفض بشكل وجه وبذلك يكون حول الفروع الأول ملف الضغط العالى والمنخفض للوجه الأول U و X ، X و U ، X والثانى يوضع حوله ملف الضغط العالى للوجه

الثاني  $V$  ،  $Y$  وملف الضغط المنخفض  $V$  ،  $Y$  والفرع الثالث يوضع حوله ملف الضغط العالي للوجه الثالث  $W$  ،  $Z$  وملف الضغط المنخفض  $W$  ،  $Z$  .

### ( ب ) مقطع القلب : -

يلزم أن تكون اللفة الكاملة في ملفات المحولات أصغر ما يمكن حول القلب لمراعاة الناحية الاقتصادية في وزن النحاس اللازم - وكذلك لزيادة جودة المحول لذلك يجب أن يكون مقطع القلب دائرياً لأن محيط الدائرة أقصر محيطات الأشكال

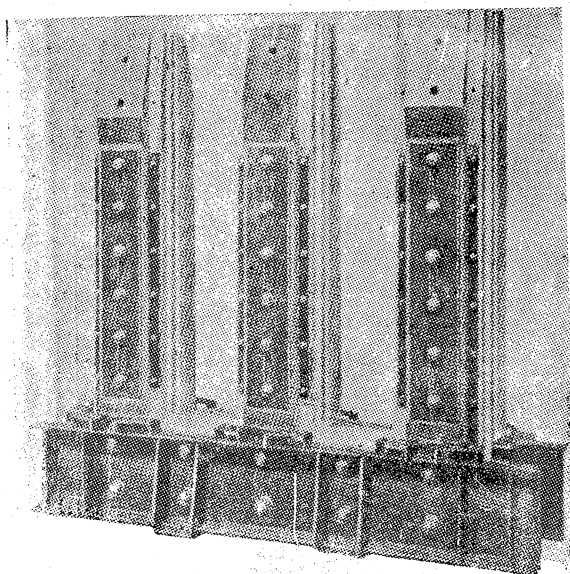


شكل ٩/٣ علاقة مقطع القلب المدرج بالدائرة المحيطة به

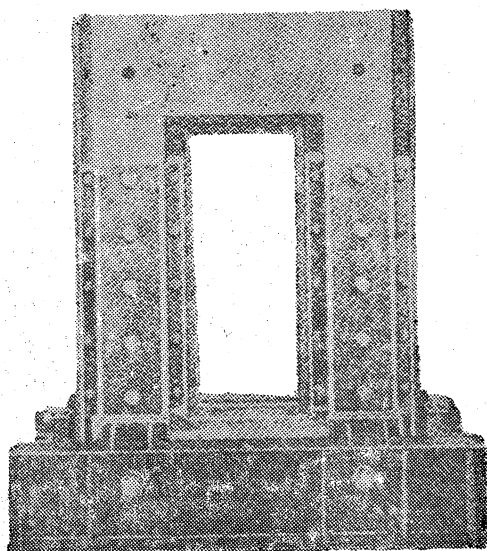
المهندسية ذات نفس المساحة - ومن الصعب من الناحية العملية أن يكون مقطع القلب دائرياً لأنه مصنوع من رقائق من صلب المحولات ولكي نملأ فراغ الدائرة ليكون مقطع القلب أقرب إلى الشكل الدائري فإنه يلزم استعمال عدد كبير من

الرقائق المختلفة العرض - ولهذا السبب يكون مقطع القلب في المحولات ذات القدرة الصغيرة مستطيلاً أو مربعاً - ويستحسن أن يكون بشكل مدرج ذو مدرجين أو ثلاثة مدرجات - فكلما كثر عدد المدرجات كلما زادت مساحة المقطع إلى أن تقترب إلى مساحة الدائرة المحيطة بها كما هو واضح في شكل ٣ - ٩ - ويلاحظ أن المربع  $= ٧١ \cdot ٠$  من مساحة الدائرة والقلب ذو المدرجين  $= ٨٥ \cdot ٠$  من مساحة نفس الدائرة والقلب ذو الثلاثة مدرجات  $= ٩ \cdot ٠$  من مساحة نفس الدائرة والقلب ذو الأربعة مدرجات  $= ٩٣ \cdot ٠$  من مساحة نفس الدائرة - ومعنى هذا أنه كلما زادت عدد المدرجات كلما إقتربنا إلى مساحة الدائرة المحيطة بهذه المدرجات .

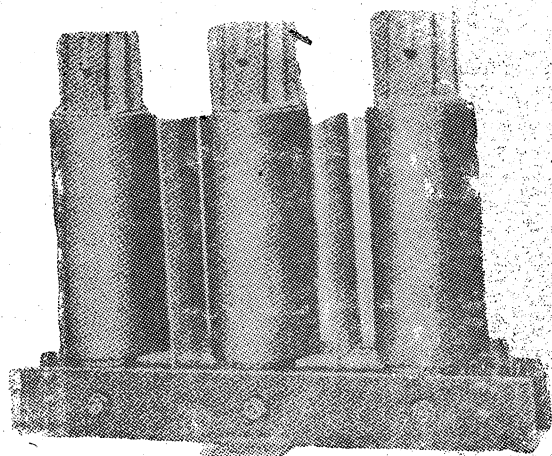
شكل ٣ - ١٠ يبين القلب الحديدي لمحول وجه واحد ويبين القاعدة وحامل الملفات وكذلك الواح التقوية التي تضغط رقائق الصفيح - وشكل ٣ - ١١ يبين القلب الحديدي لمحول ثلاثة أوجه وخصوص الرباط ويلاحظ أن القلب له ثلاثة فروع على شكل مدرج ذو مدرجين ويلاحظ عند تركيب الملفات لا بد من وضع أسطوانات عازله حول القلب الحديد ويلزم رفع العضو العلوى للقلب حتى يمكن وضع الملفات والعازل شكل ٣ - ١٢ يبين القلب وحوله العازل وشكل ٣ - ١٣ يبين القلب وعلى الفرع الشمال ملفات الابتدائي والثانوي والفرع الأوسط بعد وضع ملفات الابتدائي فقط أما الفرع الثالث فعليه العازل فقط .



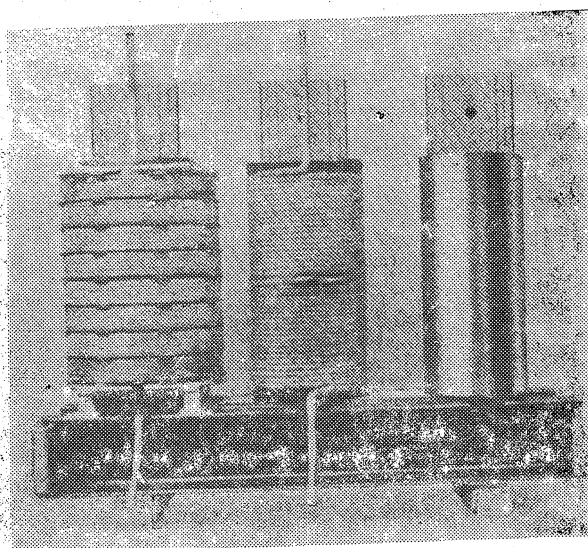
شكل ١١/٣ القلب الحديدى لمحول ثلاثة أوجه



شكل ١٠/٣ القلب الحديدى لمحول وجه واحد



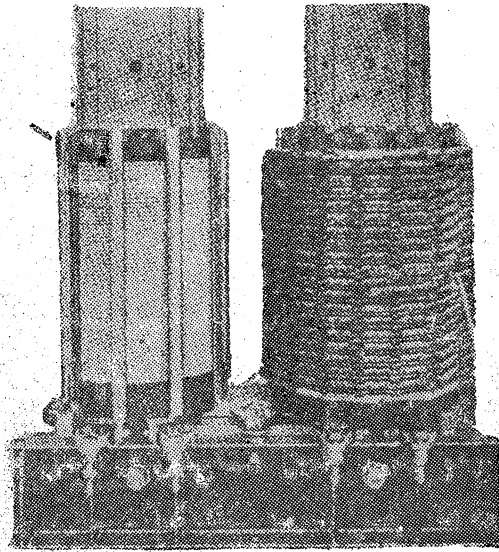
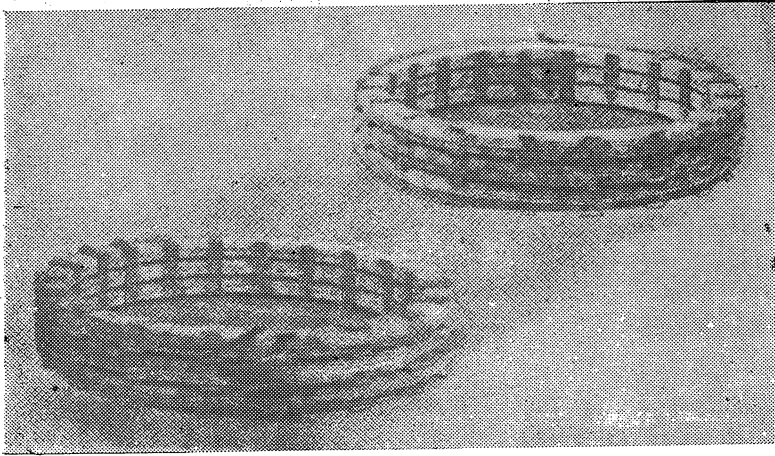
شكل ١٢/٣ القلب الحديدى وحوله العازل



شكل ١٣/٣ القلب الحديدى وحوله العازل والملفات

٣٣٣٢ تركيب الملفات :

في محولات الوجه الواحد ذات القلب الداخلي كما في شكل ٣-١٤ توضع



١٤/٣ طريقة صناعة شكل وتركيب الملفات على القلب

ملفات الضغط المنخفض قريبة من القلب الحديدي بعد عزله بمواسير عازلة ثم توضع

عوازل حول الملف الابتدائي ( ضغط منخفض ) ويوضع فوقها ملفات الثانوي ( ضغط عالي ) والرسم يوضح طريقة تركيب الملفات والفرع الأيسر عليه ملفات الضغط المنخفض وتظهر شرائح العوازل حوله وفي الفرع الأيمن عليه ملفات الضغط المنخفض والعالي معاً وفي محولات الوجه الواحد تكون ملفات الضغط المنخفض منفصلة عن ملفات الضغط العالي إليها كانت نسبة التحويل مثل ٢٢٠/٦٦٠٠ فولت أما في محولات الأوتو Auto Transformers فإنه يجب أن لا تزيد نسبة التحويل عن ٢ : ١ كما سيأتي شرحه بعد ذلك .

### ٢٣٣ طرق وضع الملفات : —

تركب الملفات الابتدائية والثانوية للمحولات بالنسبة لبعضها بإحدى الطرق الآتية : —

#### ١ — الطريقة الشطرية : —

وتسمى للتوضيح طريقة السندوتش وفي هذه الطريقة تكون ملفات الجهد العالي والمنخفض على شكل أقراص — فيوضع جزء من ملف الجهد العالي فوق جزء من ملف الجهد المنخفض ثم جزء من ملف الجهد العالي وهكذا حتى يكمل تركيب ملفات الجهد العالي والمنخفض كما في شكل ٣ — ١٥ — ومن مزايا هذه الطريقة سهولة تركيب الملفات ميكانيكياً وتستعمل هذه الطريقة في محولات القلب الخارجى التى يكون فيها التيار كبيراً والضغط منخفض .

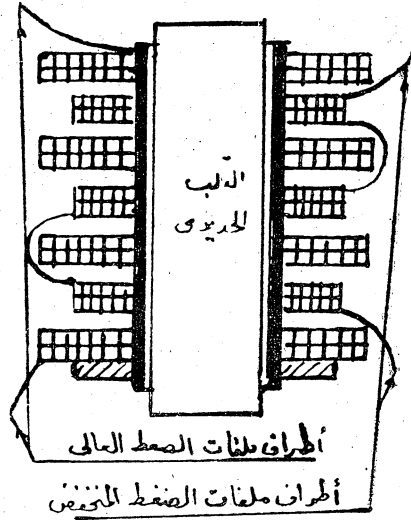
#### ٢ — الطريقة المركزية : —

وفي هذه الطريقة يوضع ملف الجهد المنخفض قريباً من القلب الحديدى ويحيط به — ثم توضع ملفات الجهد العالي كما في شكل ٣ — ١٦ ويكون ملف الجهد العالي أكبر في القطر من ملف الجهد المنخفض — وتستخدم هذه الطريقة في محولات القلب الداخلى — وفي الأحمال وبالأخص في محولات القدرة العالية

يقسم كل من الملفين إلى أجزاء على شكل حلقات (أقراص) وتوضع أجزاء كل ملف فوق بعضها بعد عزلها كهربائياً ثم توصل أطراف هذه الأجزاء مع بعضها بالتوالي ويتكرر نفس العمل بالنسبة للملفات الجهد العالي.



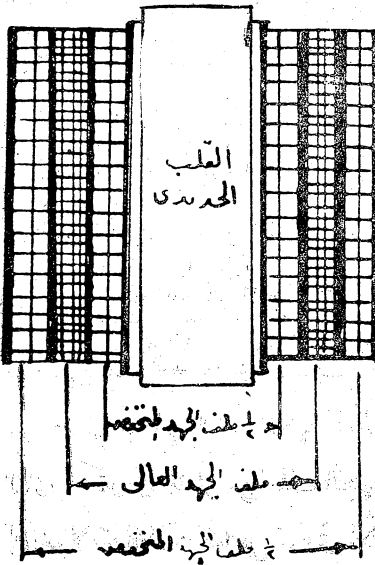
شبكة ١٦/٣ الطريقة المركزية



شكل ١٥/٣ الطريقة الشطرية

### ٣ - الطريقة المركزية المنقسمة :

وفي هذه الطريقة يقسم ملف الجهد المنخفض إلى قسمين أحدهما يوضع حول القلب مباشرة بعد عزله ثم يوضع حول هذا القسم ملفات الجهد العالي - ثم يوضع حول ملفات الجهد العالي القسم الثاني من ملفات الجهد المنخفض كما في شكل ١٧ - ٣ ويجب في هذه الطريقة عزل ملفات الجهد العالي من أسفل ومن أعلى عزلاً جيداً.



شكل ١٧/٣ الطريقة المركزية المنقسمة



## المحول ذو الملف الواحد ( المحول النفسى ) Auto Transformer

وفى هذه المحولات يكون لها ملف مشترك بين الابتدائى والثانوى وملف آخر إضافى يتصل كهربائيا مع الملف المشترك ويستخدم كملف إضافى لرفع الضغط - ويمكن إستخدام هذا النوع لرفع أو خفض الضغط - وفى شكل ٣ / ١٧ ، ب كمحول نفسى لرفع الضغط وآخر لخفضه على الترتيب - وفى حالة عدم حساب مفاقيد تكون القدرة فى محول الرفع : - فإن القدرة =  $V_2 \times I_2$

والقدرة فى الملف الإضافى =  $V_2 \times I_2$

والقدرة فى الملف الابتدائى :

$$= V_1 \times I_1$$

وحيث أن القدرة فى الابتدائى = القدرة فى الثانوى دون مفاقيد فإن :-

$$V_1 \times I_1 = V_2 \times I_2$$

$$\therefore I_1 = I_2 \times \frac{V_2}{V_1}$$

ويسرى تيار  $I_1$  فى الملف الابتدائى وتيار  $I_2$  فى الملف الثانوى .

$$\therefore I_1 \times V_1 = I_2 \times V_2$$

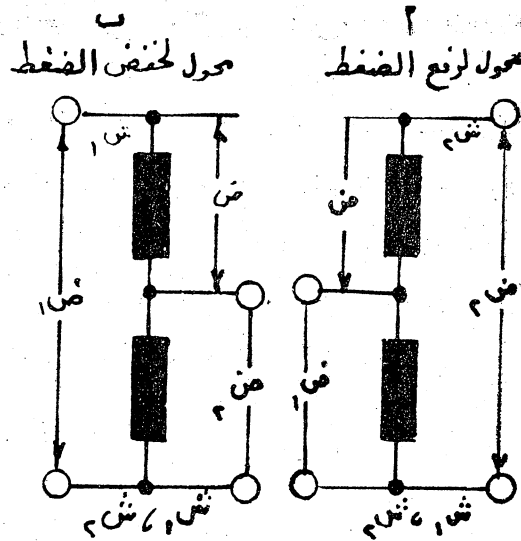
$$\therefore I_1 = I_2 \times \frac{V_2}{V_1}$$

$$\text{أى أن } I_1 = I_2 + I_3$$

$$\text{ومنها } I_1 = I_2 - I_3$$

وذلك فى حالة إستعمال محول رفع كما فى شكل ٣ - ١٨ - أ أما فى حالة محول

نفسى لخفض الضغط كما فى شكل ٣ - ١٨ - ب فإن :-



شكل ١٨/ ب، محول نفسى لرفع الضغط وخفضه

$$ض_1 \times ش_1 = ض_2 \times ش_2$$

$$\therefore ش_1 = \frac{ض_2}{ض_1} \times ش_2$$

$$\therefore ض_1 \times ش_1 = ض_2 \times ش_2$$

$$\therefore ش_1 = \frac{ض_2}{ض_1} \times ش_2$$

$$ش_1 - ش_2 = 0$$

مثال ١ :- محول نفسى ضغط الابتدائى له  $ض_1 = 2200$  فولت وضغط

الثانوى  $ض_2 = 3300$  فولت وتيار الثانوى  $ش_2 = 1$  أمبير أوجد تيار الابتدائى

$ش_1$  وكذلك تيار الملف الإضافى  $ش_3$ .

$$\text{الحل: } ش_1 = \frac{ض_2}{ض_1} \times ش_2$$

$$10 = \frac{3300}{2200} \times 10 = 15 \text{ أمبير}$$

$$\text{ش} = \text{ش}_2 \times \frac{\text{ض}_1}{\text{ض}_2}$$

$$10 = \frac{1100}{2200} \times 10 = 5 \text{ أمبير}$$

ويمكن إيجاد تيار الملف الإضافي بطريقة أخرى هي :-

$$\text{ش} = \text{ش}_1 - \text{ش}_2 = 15 - 10 = 5 \text{ أمبير}$$

مثال ٢ :- محول نفس ضغط الابتدائي له ض<sub>١</sub> ٢٠٠٠ فولت وضغط الثانوي ض<sub>٢</sub> = ١٥٠٠ فولت وتيار الثانوي ش<sub>٢</sub> = ١٠ أمبير أوجد قيمة تيار الابتدائي وكذلك تيار الملف الإضافي ش.

$$\text{الحل: ش}_1 = \text{ش}_2 \times \frac{\text{ض}_2}{\text{ض}_1}$$

$$10 = \frac{1500}{2000} \times 10 = 7.5 \text{ أمبير}$$

$$\text{ش} = \text{ش}_1 \times \frac{\text{ض}_2}{\text{ض}_1}$$

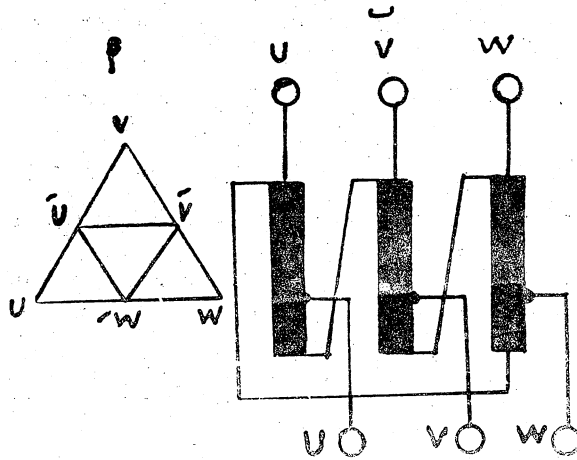
$$2.5 = \frac{500}{1500} \times 7.5 = 2.5 \text{ أمبير}$$

وبطريقة أخرى ش = ش<sub>٢</sub> - ش<sub>١</sub>

$$2.5 = 10 - 7.5 = 2.5 \text{ أمبير}$$

## ١٤٣٣ المحول النفسى ذو الثلاثة أوجه :-

يمكن إستخدام نظرية الملف الواحد المشترك بين الابتدائى والثانوى فى المحول النفسى ذو الثلاثة أوجه - ولذلك تستخدم ثلاثة ملفات ويمكن توصيلها معاً بنظام الدلتا أو النجمة ويتوسط كل ملف طرف ثالث يقع بين بداية ونهاية الملف بنسبة معينة تحدد نسبة التحويل للمحول وشكل ٣ - ١٩ يبين التوصيل



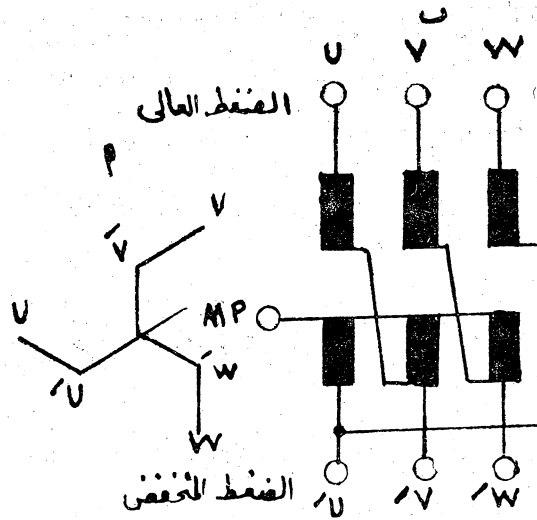
شكل ٣ / ١٩ الرمز لمحول نفسى دلتا شكل ٣ / ١٩ ب التوصيل التوضيحي لمحول نفسى دلتا

العملى والرمز النظرى لمحول نفسى ثلاثة أوجه من النوع الدلتا ويمكن على نفس النمط الحصول على محول نفسى ثلاثة أوجه من نوع النجمة .

## ٢٤٣٣ توصيل نجمة واتصال نفسى نجمة : Star Interconnected Star

وفى هذا التوصيل يركب على كل فرع من أفرع المحول ملفان وتمثل ثلاثة ملفات منهم ناحية الضغط العالى والأخرى تمثل الضغط المنخفض ويراعى أن يتصل نهاية ملف الوجه الأول ببداية الثانى ونهاية الثانى ببداية الثالث ونهاية

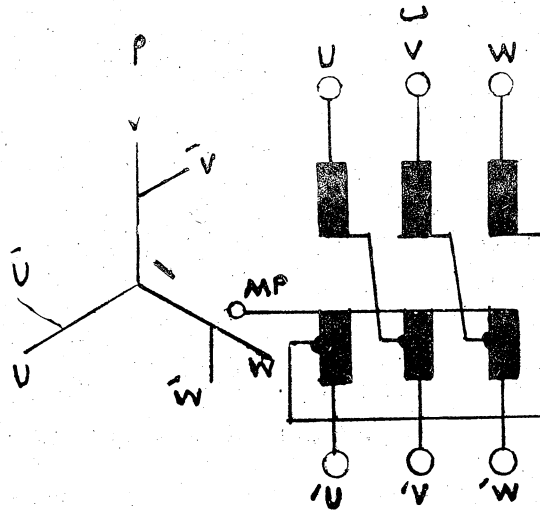
الثالث ببداية الأول وبذلك يمكن الحصول على ثلاثة أطراف للضغط العالي



شكل ٢٠/٣ الرمز لمحول نفس نجمة وإتصال نجمة

شكل ٢٠/٣ ب التوصيل التوضيحي لمحول نفس نجمة وإتصال نجمة

U, V, W وثلاثة أطراف للضغط المنخفض  $\bar{U}$ ,  $\bar{V}$ ,  $\bar{W}$  أما الطرف MP



شكل ٢١/٣ الرمز لمحول نفس إتصال داخلي نجمة/نجمة

شكل ٢١/٣ ب الرسم التوضيحي لمحول إتصال داخلي نفس نجمة/نجمة

فهو طرف النجمة الذي يتصل بالأرض وهذا الطرف لازم عند توصيل أجهزة الوقاية - وفائدة هذا التوصيل هو للتخلص من الذبذبات الدخيلة المسببة

بالمضاعف الثالث للذبذبة Third Harmonics التي تسبب زيادة الفقد في المحولات وتعمل على توليد ضغط مضاعف من ضغط الدائرة ويكون سبباً في كسر المواد العازلة وشكل ٣ - ٢٠ يبين توصيله بنجمه وإتصال نفسى بنجمه وشكل ٣-٢١- يبين نوع آخر من التوصيل النفسى يسمى توصيل داخلى نفسى بنجمه / بنجمه . Inter connected Star Star

### ٣ و ٤ ٣ مزايا المحولات النسبية :

- ١ - الإستغناء عن الملف الثانوى المستقل والإكتفاء بملف واحد يكون مشترك بين الملف الثانوى والإبتدائى مم يسبب وفر في الخلفات .
- ٢ - التيار في الملف الثانوى في المحول النفس أقل منه في المحولات العادية إذا تساوى في القدرة أو الحمل - وبالتالي تقل أوزان النحاس المستخدمة وكذلك باقى الخلفات .
- ٣ - المفاقيد في هذا النوع أقل منها في المحولات العادية ذات الملفين .

#### عيوبه :

- ١ - لا يمكن إستخدامه في المحولات ذات النسبة العالية للتحويل حيث لا تتعدى نسبة التحويل به ٢ : ١
- ٢ - من الخطر إستعماله في حالات الضغوط العالية حيث يخش من تلامس أطراف الملف الثانوى الذى هو جزء من الملف الإبتدائى .
- إستعماله :

يستعمل في الدوائر التي تحتاج إلى تغيير بسيط في الضغط لأن نسبة التحويل به صغيرة - ويستعمل في عمليات التقويم وتنظيم السرعة في بعض الحركات الإستنتاجية وفي أجهزة توحيد التيار المتغير إلى مستمر .

## ٣٥ طرق تبريد المحولات :

## مقدمة : -

تستخدم في المولدات والمحركات مراوح تدفع الهواء داخل الآلة لتخفيف درجة حرارة أجزاء الآلة وتدفع الهواء الساخن إلى خارج - أما في المحولات فليس هناك أعضاء دائره لذلك تستخدم عدة طرق أخرى للتبريد .

## ٣٥١ أورو : طريقة التبريد بالهواء الطبيعي :

وهذه الطريقة تستخدم في المحولات ذات القدرة الصغيرة - ويصنع المحول على أن يكون سطحه الخارجى معرضاً لأكثر كمية من الهواء الجوى حتى يسهل إشعاع الحرارة إلى الجو .

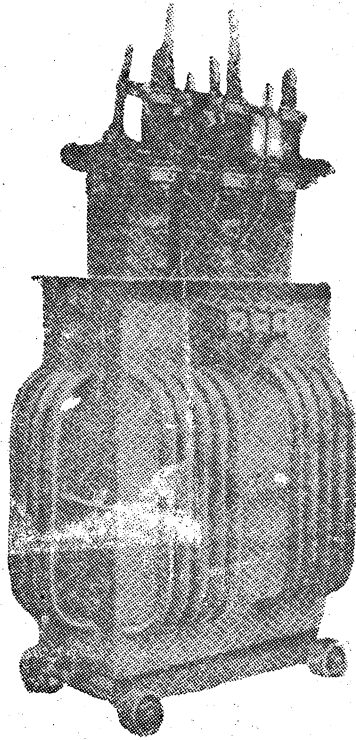
## ٣٥٢ ثانياً : - طريقة التبريد بالهواء المضغوط

وفي هذه الطريقة يسلط هواء مضغوط أو تيار هوائى شديد من مروحة كهربائية وتستخدم هذه الطريقة عندما يكون الحيز الذى يشغله المحول صغيراً علاوة على أن سطحه الخارجى ذو مقاسات صغيرة بينما تكون قدرته كبيره وفي ظروف يتعذر معها وضع المحول فى علبة ويكون مغموراً فى زيت .

## ٣٥٣ ثالثاً : طريقة التبريد الطبيعى بالزيت :

وفي هذه الطريقة يغمر المحول فى وعاء مملوء بالزيت المعدنى - وفي هذه الحالة يصنع الوعاء من الواح من الصاج بسمك ٣ مم ويكون الوعاء على شكل متوازى أضلاع حيث يمكن تكسيح أسطحه الجانبية من قطعة واحدة ويكتفى بلحام واحد بعد التأكسيح ويصنع القاع والسطح العلوى من نفس الصاج ويمكن تقوية القاع والغطاء بزوايا من الدخيل ويلحم القاع مع الجوانب - وهذا الوعاء يصلح للقدرة الصغيرة حتى ٢٥ كيلو فولت أمبير .

أما في المحولات ذات القدرة الكبيرة فيستخدم لصناعة الوعاء (الخزان) صاج يتراوح سمكه بين ٤ مللى حتى ١٠ ملليمتر بما يناسب حجم المحول — ولكى يعمل على زيادة سطح التبريد الخارجى للخزان فإنه يمكن عمل السطح الخارجى متعرجاً أو يلحم فى جوانب الوعاء الأربعة عدة صفوف من المواسير تلحم أطرافها من الخارج قرب أعلى الوعاء ومن أسفل قرب القاع ويختلف قطر هذه المواسير بحسب حجم المحول وتتراوح أقطارها بين ١½ بوصة إلى ٢½ بوصة — وبهذه الطريقة يمكن زيادة سطح التبريد للوعاء الخارجى للمحول . وشكل ٣-٢٢



شكل ٣/٢٢ الوعاء الخارجى لمحول ثلاثة أوجه عند إنزال المحول به

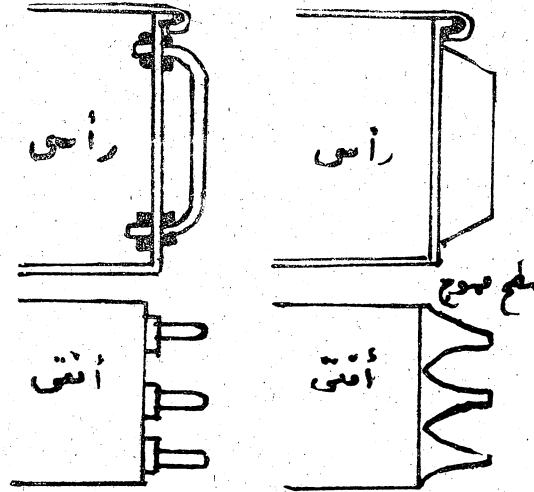
يبين الوعاء الخارجى لمحول ثلاثة أوجه عند إنزال المحول به وتظهر طريقة صناعة الوعاء ذو مواسير للتبريد ثم يملأ الوعاء بزيت التبريد حتى يغمر المحول تماماً بالزيت وشكل ٣-٢٣ يبين نظام عمل الوعاء الخارجى للخزان ذو السطح المتعرج أما شكل ٣-٢٣ ب فيبين نظام تثبيت المواسير من أعلى وأسفل فى الوعاء .

وفى المحولات ذات القدرة العالية يوجد فوق الوعاء الذى يحوى المحول عليه أسطوانية الشكل تسمى عليه التمدد وتتصل بوعاء المحول بواسطة ماسورة وتثبت عليه التمدد بمحامل بحيث

تكون مائله بعيداً عن سطح وعاء المحول حتى تكون هناك فرصة لتثبيت أطراف المحول والفرص من وجود هذه العلبة هو زيادة سطح الوعاء المعرض للهواء وحرية حركة الزيت الساخن ليتمدد ويندفع فى هذا الوعاء وتوجد



فتتحه بوعاء المحول معرضه للجو يوضع فيها عليه صغيرة بداخلها كلوريد الكالسيوم



شكل ٢٣/٣ نظام صناعة سطح وعاء المحول من النوعين الموج وذو المواسير  
لتمتص بخار الماء الموجود بالهواء والذي يلامس زيت التبريد حتى لا توجد رطوبة في  
الزيت تنقص من درجة عزله وتقلل من خواصه الكهربائية .  
وعندما ترتفع درجة حرارة أى جزء من المحول ترتفع حرارة الزيت الملاصق له  
وتقل كشافته ويرتفع الزيت الساخن إلى أعلى حاملا الحرارة من أجزاء المحول ويحل  
محله زيت بارد وبذلك تحدث دورة في الزيت حيث يفقد الزيت الساخن حرارته  
ويبرد بالإشعاع ويستمر الزيت البارد ويحل محل الساخن وبذلك تتم عملية التبريد  
بواسطة نظرية الحمل والإشعاع .

#### ٤٣٧٥ رابعاً :- التبريد بالزيت المضغوط :-

يسحب الزيت الساخن المنغور فيه المحول بواسطة طلمبات خاصة ثم يبرد  
الزيت الساخن بإحدى الطرق الخاصة بالتبريد ثم يدفع داخل وعاء المحول وبذلك  
يصبح الزيت في دورة مستمرة ليمتص الحرارة من المحول ويفقدها في الخارج ويعود  
ليكرر دورته داخل المحول .

## ٣٥٥ ر ٣ : - التبريد بالزيت المضغوط :-

يسحب الزيت الساخن ويمرر داخل مواسير من النحاس يمر حولها ماء بارد باستمرار يمرر داخل مواسير ذات مشعات صغيرة تساعد على عملية التبريد - وتوضع هذه المواسير فوق سطح إناء المحول.

## ٣٥٥ ر ٣ : زيت المحولات :-

تستخدم زيوت معدنية ناتجة من تقطير البترول الخام في تبريد المحولات - ولا تصلح الزيوت الحيوانية أو النباتية في التبريد وذلك بسبب الرواسب التي تنتج منها وقد تسبب تلف المحول ويستخدم زيت المحول لتحقيق غرضين رئيسيين للمحول - ليكون وسيط يحمل الحرارة من المحول الى جسم الخزان - أى لتبريد المحول - أما الغرض الثانى هو زيادة العزل بين الملفات وبعضها داخل المحول .

## ٣٥٥ ر ٣ خواص الزيت المستعمل في المحولات :-

## ١ - قوة العزل أو المتانة الكهربائية :

يجب أن يكون الزيت خالياً من الرطوبة وتقدر متانة الزيت الكهربائية باستخدام جهاز اختبار الزيت بحيث يتحمل الزيت فرق جهد مقداره ٣٠ كيلو فولت عند مسافة ٠.٤ سم خلال الزيت وإذا كان الزيت المستعمل في محولات ضغطها أكثر من ١٠٠ كيلو فولت فلا يجوز أن يكون عزلهما قابل للكسر في جهاز التجربة قبل ٥٠ كيلو فولت وبنفس الشروط السابقة .

## ٢ - درجة السيولة :

سيولة السائل تقارن بسيولة الماء وكلما كانت سيولة الزيت أكثر كلما كان صالحاً لنقل الحرارة من قلب المحول إلى الخارج - ولكنه يكون أكثر تبخرًا بالحرارة وهذا أمر غير مرغوب فيه ولذلك يجب أن يكون الزيت متوسط السيولة ( عكس اللزوجة ) وتكون حوالى ٢٥ ( بمجهز إنجلر عند درجة ٥٠°م ).

## ٣٥٧ - تأثير البلولة على المتانة الكهربائية :

تقلل البلولة من متانة الزيت الكهربائية بحيث أن جزء من ألف من الماء في الزيت ينفق الزيت حوالي ٧٠ ٪ من متانته الكهربائية وذلك لأن تجمع قطرات الماء في الزيت يعمل بمثابة خط توصيل بين نقطتين — ولذلك توضع شرائح من مادة عازلة على شكل حواجز في الزيت تمنع تجمع وإتصال القطرات وبذلك ترتفع المتانة الكهربائية للزيت — ويستعمل هذا النظام في أطراف التوصيل المملوءة بالزيت — ولذلك يجب تسخين زيت المحول بواسطة تيار كهربائي ذو جهد منخفض يمر في ملفات لتجفيف الزيت تماما وكذلك في الملفات قبل إستعمال المحول عند وضع الزيت لأول مرة .

## ٣٥٨ - تأثير درجة الحرارة على متانة الزيت الكهربائية :

إرتفاع حرارة الزيت يسبب زياده المتانة الكهربائية له وذلك بسبب تبخر قطرات الماء — وذلك بخلاف المواد العازلة الصلبة فإن إرتفاع حرارتها تقلل من متانتها الكهربائية .

## ٢ - الرواسب :-

يتحد الزيت مع الأ كسوجين عند إرتفاع درجة حرارته ويكون راسب أسمر اللون و يترسب على أسطح الملفات ويقلل من عملية التبريد ويعمل كمعازل لتسرب الحرارة ولذلك يجب أن تقلل من العوامل التي تساعد على تكون هذه الرواسب — ووجود المغادن بنوع خاص النحاس من العوامل التي تساعد على اتحاد الزيت بالأ كسوجين — ولهذا الظاهرة أهمية كبيرة في إستمرار عمل المحول مدة كافية دون تغيير الزيت أو ترشيحه .

## ٣ - درجة تبخر الزيت والنهابة :

يجب أن يتبخر عند درجة ١٠٠° بنسبة ١/١٦ على الأكثر ويجب أن لا تنهب

في بوتقه مقفولة عند درجة ١٤٥° م على الأقل أو يلهب في بوتقة مفتوحة عند درجة ١٦٠° على الأقل.

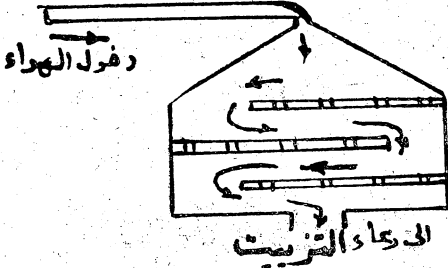
٤ - يجب ألا تزيد كمية الأحماض أو القلويات أو الكبريت في الزيت عن ٠.٢٪ على الأكثر.

٥ - الحرارة النوعية :

يجب ألا تقل الحرارة النوعية عن ٠.٣٥ والحرارة النوعية هي النسبة بين كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة . والحرارة اللازمة لرفع حرارة جرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة .  
٣٥٨ - مجديد الزيت :

وجود رواسب في الزيت أو أجسام غريبة يقلل متانته الكهربائية ويسبب أخطار على المحول - ولذلك يجب ترشيح الزيت وتجفيفه بعد استعماله مدة كافية أو عند زيادة الرواسب فيه أو البلولة عن حد معلوم ويمكن التأكد من ذلك بأخذ عينه من قاع وعاء المحول وإختبار متانة الكهربائية .  
التنفس في المحولات :

سبق أن عرفنا التأثير الضار للرطوبة على زيت المحول - ولذلك يجب حفظ الزيت لسكى لا تصل إليه الرطوبة هذا علاوة على عمل وسيلة للتنفس عند إرتفاع حرارة الزيت حتى يمكن طرد الهواء الساخن خارج الوعاء وسحب هواء من الجو إلى داخل الوعاء وبما أن الهواء الجوى يحتوى على نسبة من الرطوبة لذلك يجب التخلص من الرطوبة التى فى الهواء



شكل ٢ - ٢٤ - إناء التنفس

الداخل إلى وعاء المحول -  
وللتخلص من البلولة يستعمل إناء التنفس وهو إناء متصل بوعاء المحول ويثبت بأعلاه ويجهز الإناء بأرشف يوضع عليها أملاح كلوريد الكالسيوم وبأعلى الإناء

فتح له لدخول الهواء — وعند مرور الهواء في إناء التنفس فإن كلوريد السكاليسيوم يمتص الرطوبة التي في الهواء ويصبح الهواء جافاً وشكل ٣ - ٢٤ يبين كروكياً لإناء التنفس .

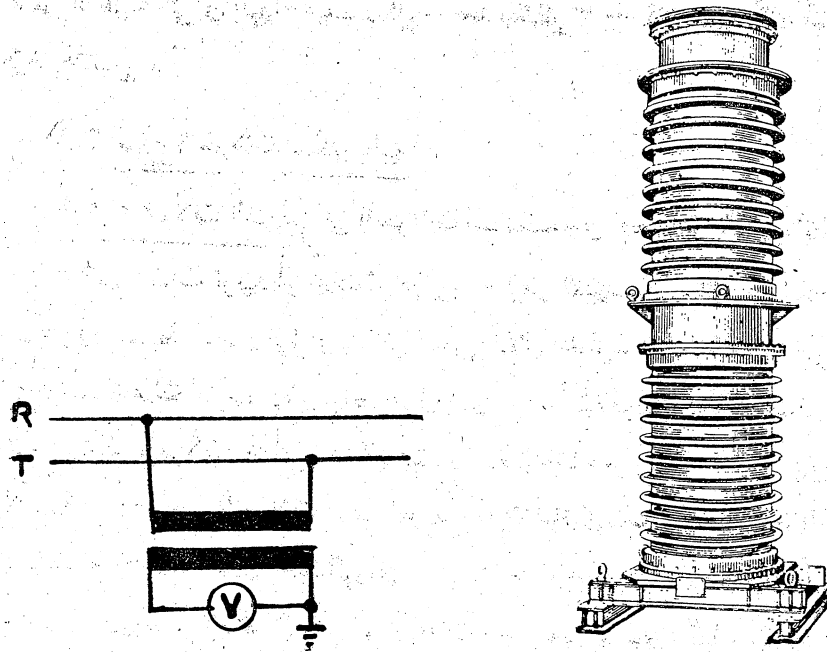
### ٣٦٢ أنواع المحولات الكهربائية :

٣٦٢١ محولات القدرة : هي المحولات المستخدمة في المحطات الكهربائية سواء كانت محطات توليد أو محطات تحويل — لرفع القدرة من حالة إلى حالة أخرى إلى الضغط المناسب قبل وبعد نقل القدرة خلال الخطوط الهوائية المحمولة على أبراج فعمد محطات التوليد يرفع ضغط التوليد حتى ٥٠٠ كيلوفولت وعند الاستقبال تقوم محطات المحولات بخفض هذا الضغط إلى ضغط التشغيل وذلك عند أماكن الاستهلاك — وهذه المحولات عند الإرسال أو الاستقبال تستوعب كل الطاقة المستهلكة والمنقولة خلال الخط الهوائي تسمى محولات قدرة — وضغط الإرسال يختلف بحسب حجم الطاقة الكهربائية المنقولة وبحسب طول الخط وكذلك بحسب نوع العوازل المستخدمة في حمل الموصلات — وضغوط الإرسال هي ٦٦٠٠٠ أو ١٣٢٠٠٠ أو ٢٥٠٠٠ فولت أو ٥٠٠٠٠٠ فولت .

### ٣٦٢٢ محولات الضغط :

لا يمكن توصيل أجهزة القياس أو أجهزة الوقاية أو التنبيه مباشرة إلى دوائر التيار المتغير التي يزيد فيها الضغط عن ٥٠٠ فولت حرصاً على سلامة الملاحظين وكذلك من الناحية العملية لا يمكن توصيل الضغوط العالية أو التيارات العالية إلى أجهزة القياس التي في منتهى الدقة والحساسية — لذلك تستخدم محولات القياس للضغط أو للتيار إلى مقادير تناسب أجهزة القياس وبذلك نوفق بين الفرضين السابقين — ومحول الضغط مثل محولات القدرة من حيث التكوين ونظرية التشغيل ولكنها ذات قدرة صغيرة جداً وبالتالي ذات حجم صغير — وتشكون محولات الضغط ذات الوجه الواحد على ملفين كما في شكل ٣ - ٢٥ ملف الضغط العالي

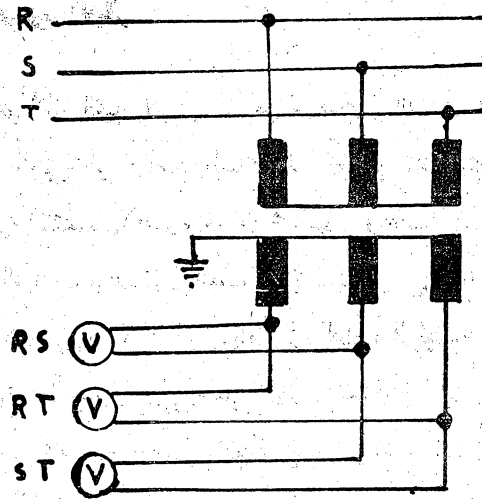
ويتصل بالتوازي مع الينبوع أما ملف الضغط المنخفض فيمتصل بجهاز الفولتметр أو



منظر عام لمحول ضغط شكل ٢٥/٣ محول وجه واحد يستخدم لتوصيل جهاز قياس الضغط يتصل بملفات الضغط في أجهزة الواوتر والعدادات الكهربائية وتقوم هذه المحولات بخفض الضغط إلى ١١٠ فولت .

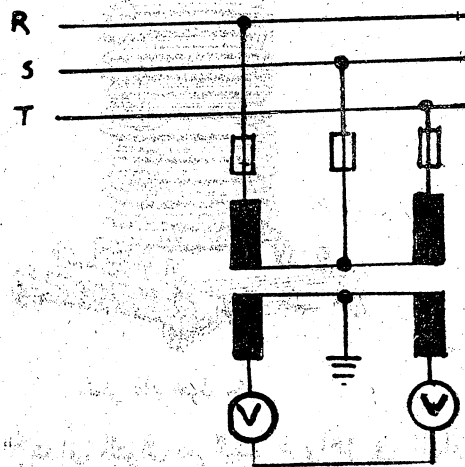
وباستعمال محولات القياس للضغط يمكن تسهيل الإشراف على المحطات الكهربائية ووضع جميع أجهزة القياس والوقاية على لوحات التوزيع في مكان مناسب للإشراف وتكون التوصيلات في هذه اللوحات عند ضغط ١١٠ فولت بدلا من ضغط الدوائر الرئيسية سواء للمولدات أو المحولات التي تبلغ آلاف الفولتات — وفي ذلك إقتصاد ظاهر وتيسير في إنشاء المحطات الكهربائية وبالأخص في إنشاء أجهزة القياس ومسايرتها لمتطلبات الحياة العملية والحجم الطبيعي المناسب ويلزم توصيل أحد طرفي الملف الثانوي بالأرض للأمان في حالة كسر العازل في المحول .

وشكل ٣ - ٢٦ يبين طريقة توصيل محول ضغط ثلاثة أوجه - ملف الضغط



شكل ٢٦/٣ محول ضغط ثلاثة أوجه يستخدم لتوصيل ثلاثة أجهزة لقياس ضغوط الخطوط الثلاثة

الغالبى به تفصل أطرافه بالقبضبان العمومية وفي الحياة العملية يلاحظ أن أطراف



المحول للضغط العالي تكون محمولة على عوازل صغيرة ذات حجم كبير يتناسب مع ضغط الخط. هذا علاوة على استعمال ثلاثة مصهرات عند كل خط وملف الضغط المنخفض تتصل أطرافه الثلاثة بثلاثة أجهزة قياس يمكن قياس ضغط الخطوط الثلاثة

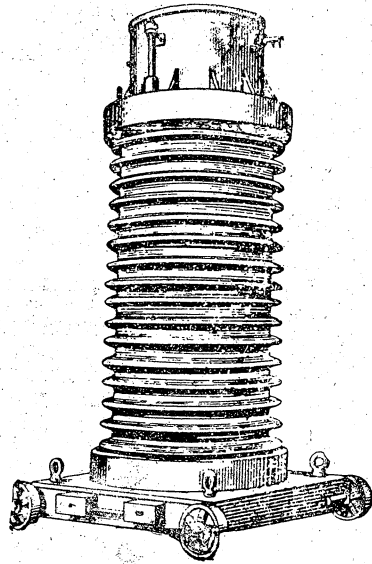
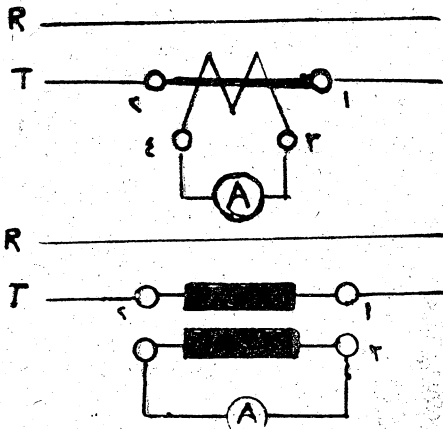
شكل ٢٧/٣ محول ضغط ملفين ضغط عالي وملفين ضغط منخفض متصل على هيئة حرف V لتوصيل جهازين لقياس الضغط

شكل ٢٧ - ٣ يبين محول ضغط ذو

ملفين ضغط عالي وملفين ضغط منخفض يوصلان على هيئة حرف V .

## ٣٦٣ محولات التيار :

تستخدم محولات التيار لتوصيل أجهزة قياس التيار ( الأمبير مترات ) وملفات التيار في أجهزة الوتترات والعدادات وتخفيض شدة التيار للحمل الكامل في الدائرة الرئيسية للقضبان العمومية إلى ٥ أمبير وتوصل دائرة الملف الثانوى إلى جهاز قياس التيار - ويتكون الملف الابتدائى من لفات قليلة من سلك ذو مقطع كبير يكفى لمرور تيار الحمل الكامل في الدائرة الرئيسية - أما الملف الثانوى فيتكون من سلك ذو مقطع صغير يحمل التيار المناسب الواصل إلى أجهزة القياس وشكل ٣ - ٢٨ يبين طريقة توصيل محول التيار لوجه واحد وفيه يوصل الملف



مغظر عام لمحول تيار

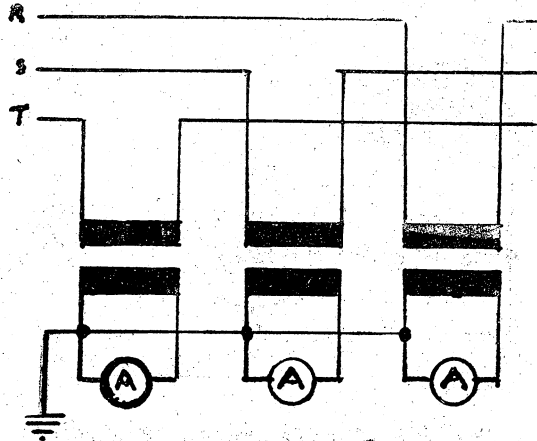
شكل ٣ / ٢٨ محول تيار وجه واحد فيه ١ ، ٢ ،  
طرفى الابتدائى ٣ ، ٤ طرفى الثانوى

الابتدائى بالتوالى مع الينموع والحمل في الدائرة الرئيسية ويوصل جهاز القياس للتيار بالملف الثانوى للمحول - ويوصل أحد طرفى الملف الثانوى بالأرض .

وشكل ٣ - ٢٩ يبين طريقة توصيل ثلاثة محولات تيار أو محول ثلاثة أوجه



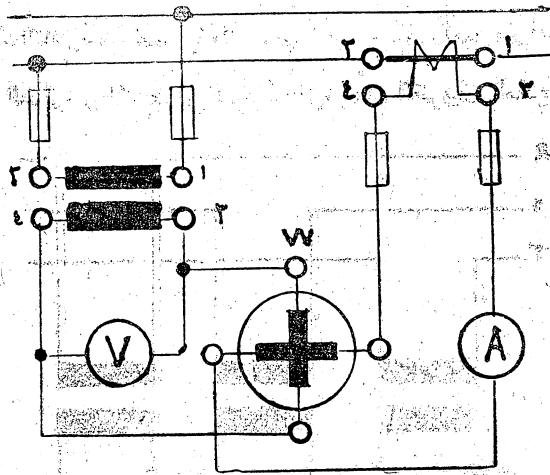
للتيار والملفات الثانوية له تتصل بثلاثة أجهزة قياس تيار (أمبير مترات) لقياس تيار كل وجه في الدائرة ويلاحظ في محولات التيار وفي الظروف العادية تكون القوة



شكل ٢٩/٣ محول تيار ثلاثي أوجه متصل بثلاثة الثانويات ثلاثه أمبير مترات

المغناطيسية الناشئة من تيار الملف الابتدائي متوازنة مع القوة المغناطيسية الناشئة من تيار الملف الثانوي ويكون الفيض المغناطيسي صغير جداً - أما إذا فتحت دائرة الملف الثانوي أثناء مرور تيار في الملف الابتدائي فإن القوة المغناطيسية الناشئة عن تيار الملف الابتدائي تبقى بدون موازنة ويزيد الفيض المغناطيسي تبعاً لذلك زيادة كبيرة جداً وبذلك تتولد  $e \cdot s \cdot l$  . عالية تقذف عازل المحول وكذلك الأجهزة المتصلة به - ولذلك لا يجب فتح دائرة الملف الثانوي لمحول التيار عندما يحمل ملفه الابتدائي تيار وفي حالة فصل أحد الأجهزة الموصلة في الملف الثانوي بدون قطع التيار الرئيسي يجب توصيل الملف الثانوي صر قبل فصل الجهاز .

شكل ٣ - ٣٠ يبين طريقة توصيل محول تيار وضغط بالينبوع وجه واحد وينفذ محول التيار جهاز أمبير متر وملف التيار في جهاز واتمر - أما محول الضغط فينفذ جهاز فولت متر وملف الضغط لنفس الجهاز الواتمر السابق .



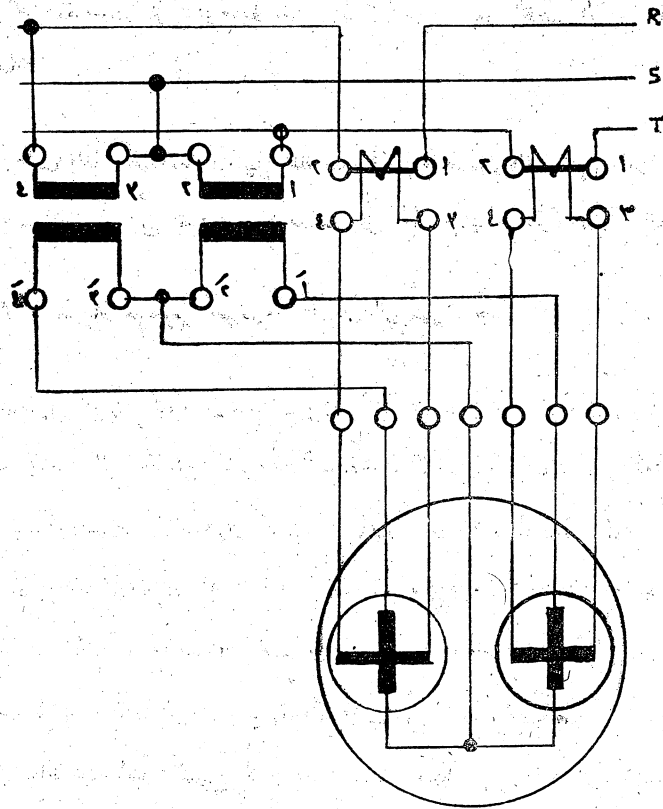
شكل ٣٠/٣ توصيل محول تيار ومحول ضغط بينبوع وجه واحد ليفيد المبرومتر وفولتمتر وواتر  
وشكل ٣١ - ٣ بين طريقة توصيل محول تيار ذو ملفين ومحول ضغط  
ذو ملفين لتغذية واتر ذو وحدتين لقياس القدرة لتيار ثلاثة أوجه .

#### ٣٦٤ مقارنة بين محولات التيار والضغط :-

- ١ - محول الضغط يتصل ملفه الابتدائي بالتوازي مع الينبوع أما محول  
التيار فيتصل ملفه الابتدائي بالتوالي مع الينبوع .
- ٢ - يتوقف تيار الملف الابتدائي لمحول الضغط على تيار الملف الثانوي - أما  
في محول التيار فلا يتوقف تيار الابتدائي على التيار في الملف الثانوي .

$$٣ - \text{نسبة التحويل لمحول الضغط} = \frac{\text{ض}١}{\text{ض}٢} = \frac{\text{ش}١}{\text{ش}٢}$$

$$\text{أما } \gg \gg \gg \text{ التيار} = \frac{\text{ش}١}{\text{ش}٢} = \frac{\text{ض}٢}{\text{ض}١}$$



شكل ٣١/٣ توصيل محول تيار ومحول ضغط ذو ملفين بيندوغ تيار متغير ثلاثة أوجه،  
لتغذية وأمنز لقياس القدرة في وأثره ضغط عالي .

#### ٣١٧١ توصيل محولات القدرة معاً بالتوازي :-

عند توصيل عدة محولات ذات وجه واحد بالتوازي معاً فيجب أن تتوفر  
الشروط الآتية :

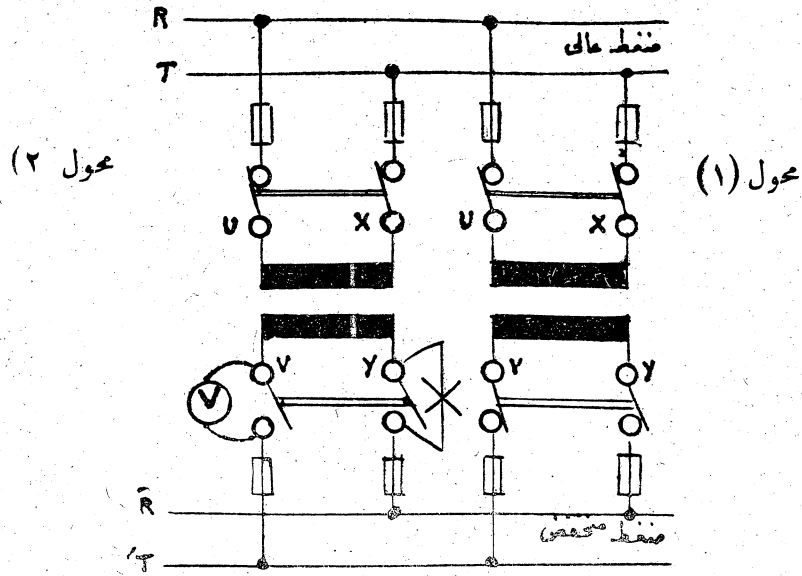
- ١- يجب أن يكون الضغط الإسمي لكل من ملفاتها الابتدائية  
والثانوية متساوياً .
- ٢- يجب أن يكون جهد القصر لها متساوياً ولا يجب أن يزيد جهد

القصر الإسمي للمحول المراد توصيلة عن ١٠ ٪ من جهد القصر الإسمي للمحول  
الواصل فعلا .

٣ - يجب التأكد عند توصيل الملفات الثانوية للمحولات المراد إضافتها إلى  
الشبكة يجب التأكد من عدم وجود ضغط بين أطرافها وأطراف قضبان الشبكة .

### ٣٧٢ طريقة توصيل محولات الوجه الواحد : —

عند توصيل محول بالتوازي مع محول آخر أو مجموعة محولات متصلة بالشبكة  
الكهر بائية يجب التأكد من الشروط السابقة ثم توصل أطراف المحول إلى أطراف  
التوصيل للشبكة بشرط أن تكون نفس أطراف المحولات المتصلة شكل ٣ - ٣٢  
فيوصل طرفي الملف الابتدائي  $X$  و  $U$  بالقضبان العمومية  $T$  و  $R$  وطرفي الملف  
الثانوي  $Y$  و  $V$  ناحية القضبان العمومية  $T$  و  $R$  ويجب أن يتبع هذا  
النظام في جميع المحولات المراد توصيلها بالتوازي من ناحية الضغط العالي والضغط  
المخفض وفي حالة عدم التأكد من الأطراف وعدم إمكان تمييز أطرافها وبالأخص  
عند إعادة لفها أو فك المحول لعمل صيانته به - يجب أولاً توصيل أطراف الملف  
الابتدائي للمحول (٢) المراد توصيلة إلى القضبان العمومية للضغط العالي فيوصل  
الطرف  $U$  بالقضيب  $R$  والطرف  $X$  بالقضيب  $T$  - ثم يوصل مصباحان  
متوهجان بالأطراف الثانوية للمحول بالتوالي مع القضبان العمومية - ويجب أن  
لا يضيء المصباحان في حالة التوصيل الصحيح - أما إذا أضاء المصباحان فيكون  
التوصيل خطأ ويمكن استخدام أجهزة قياس للضغط بدلا من المصاييح فلا يجب  
أن يكون هناك فرق جهد على طرفي الفولتметр - وإلا فيجب تبديل طرفي الملف  
الثانوي وبذلك يكون المحول (٢) متصلا صحيحاً ومماثلاً للمحول (١) المتصل  
فعلا بالشبكة .



شكل ٣٢/٣ طريقة توصيل محول وجه واحد بالتوازي مع محول آخر

### ٣٧٣٣ توصيل محولات ثلاثية أوجه بالتوازي :-

تراعى نفس الشروط السابقة فيما عدا ضرورة تطابق مجموعة التوصيل في كل محول والتي سيأتى الكلام عنها بالتفصيل عند طرق توصيل ملفات محولات ثلاثة أوجه والشروط هي :

١ - أن يكون الضنط الإسمى للملف الثانوى والإبتدائى متطابق لمثيله المتصل بالشبكة أو بالخط .

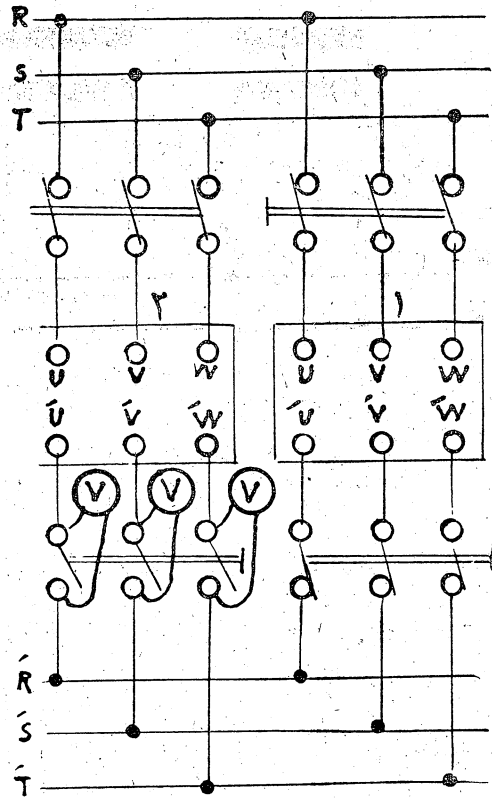
٢ - يكون جهد القصر في كل منها متساوى .

٣ - أن تكون مجموعة التوصيل متطابقة أى ذات نظام واحد .

٤ - يجب ألا تزيد القدرة الإسمية عن ٣ : ١ بقدر الإمكان أى تقارب القدرتين للمحولين .

٥ - عدم وجود فرق جهد بين الأطراف الواجب توصيلها معاً - ويتم ذلك

باستخدام مقياس الضغط ( فولتمتر ) أو المصابيح المتوهجة بشرط أن يكون ضغطه ضعف ضغط الوجه ويمكن إجراء الاختبار السابق في محولات الوجه الواحد على محولات الثلاثة أوجه في شكل ٣-٣٣ لوحة أطراف توصيل محول (١) متصلة

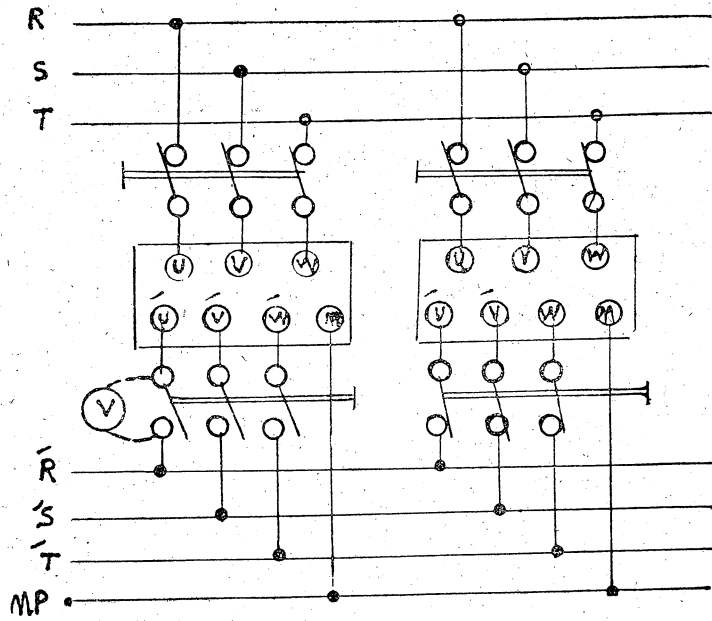


شكل ٣٣/٣ طريقة توصيل محول ثلاثه أوجه بالتوازي م- مع آخر باستخدام جهاز فولتمتر لتمييز الأطراف

من جهتي الضغط العالي والمنخفض ويراد توصيل أطراف محول (٢) - فيوصل أطراف الملف الابتدائي بالقضبان ثم تجرى عملية الاختبار باستخدام جهاز فولتمتر وعند التوصيل الصحيح بين أطراف المحول والقضبان العمومية لا يقرأ جهاز الفولتمتر - أما إذا قرأ الفولتمتر فتبدل الأطراف حتى تفصل إلى التوصيل الصحيح

ويكرر هذا العمل عند القضبان  $\bar{U}$  ،  $\bar{V}$  ،  $\bar{W}$  حتى يصل إلى الوضع الصحيح حيث لا يقرأ الفولتметр عند كل طرف .

وشكل ٣ - ٣٤ يبين طريقة توصيل محولات ثلاثة أوجه أربعة أطراف وهي محولات من مجموعة دلتا / نجمة - ويجب البدء بتوصيل سلك التعادل إلى



شكل ٣ / ٣٤ طريقة توصيل محول ثلاثة أوجه ذو طرف تعادل بالتوازي مع آخر من مجموعة  $\Delta / Y$  مع استخدام فولتметр لتمييز الأطراف

خط التعادل أولاً . ثم تكرار العملية السابقة مع استخدام الفولتметр حتى يصل إلى الوضع الصحيح للأطراف .

### ٣٨ الطرق المختلفة لتوصيل ملفات المحولات ذات الثلاثة أوجه :

تتوقف أنواع المحولات على طريقة توصيل ملفات المحول وعلى زاوية الوجه بين ضغوط الابتدائي والثانوي التي ترتبط مع نظام توصيل ملفات المحول ويحدد

نظام التوصيل لكل ملف ويستحسن أن نسمى الملفات على أساس قيمة الضغط الذى نحصل عليه فنقول ملفات الضغط العالى وملفات الضغط المنخفض بدلا من ضغط الإبتدأى والثانوى لأن الذى يحدد هذه التسمية عملية توصيل المحول بالينبوع والحمل ويمكن أن يكون ملف الضغط العالى هو الإبتدأى أو الثانوى. وكذلك ملف الضغط المنخفض والجدول الآتى يوضح الخواص الآتية لنظام التوصيل :-

- ١ - رقم المجموعة .
- ٢ - رمز التوصيلة الحرفى .
- ٣ - الزاوية بين ضغط الملفات ( أى بين ملفات الضغط العالى وملفات الضغط المنخفض ) .
- ٤ - توصيل أطراف ملفات الضغط العالى والمنخفض كما يشكّل ٣-٣٥ .



التوصيلة العملية		التوصيلة النظرية		الزاوية	رمز التوصيلة	رقم المجموعة
الضغط العالي	الضغط المنخفض	الضغط العالي	الضغط المنخفض			
				0°	$\gamma_{y0}$	١, ١
				0°	$Dd0$	١, ٢
				0°	$Dz0$	١, ٣
				120°	$\gamma_{y6}$	٢, ١
				120°	$Dd6$	٢, ٢
				120°	$Dz6$	٢, ٣
				-	$\gamma_{yy}$	٥, ١

شكل ٣/٣ جداول التوصيلات العملية والنظرية لمحوالات ٣ أوجه

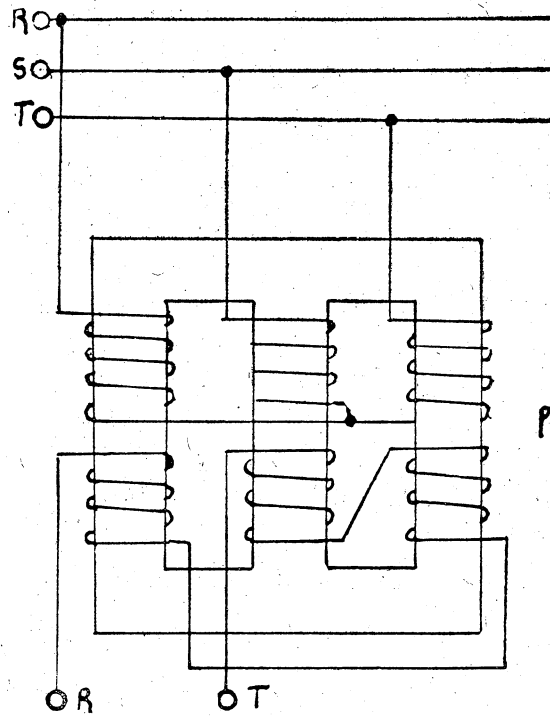
التوصيلة العملية		التوصيلة النظرية		الزاوية	رمز الترميز	مقدار المجموعة
الضغط المنخفض	الضغط العالي	الضغط المنخفض	الضغط العالي			
				$30^\circ$	Dy1	2, 1
				$30^\circ$	Yd1	2, 2
				$30^\circ$	Yz1	2, 2
				$30^\circ$	Dy11	4, 1
				$30^\circ$	Yd11	4, 2
				$30^\circ$	Yz11	4, 2
				تحول تلقائي وجه واحد	3/2 ph	6, 1

تابع شكل ٣٥/٣ جدول التوصيلات العملية والنظرية لمحولات ٣ أوجه ومحولات وجه واحد

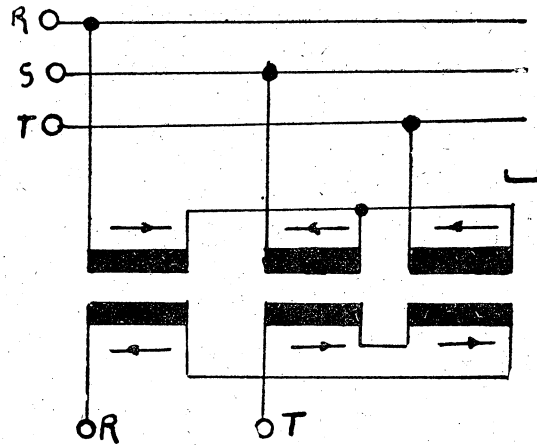
من الجداول السابقة يفهم أن حرف D يعنى توصيلة دلتا ضغط. على ، d  
يعنى توصيلة دلتا ضغط منخفض أما حرف Y يعنى توصيلة نجمة ضغط. على ، y  
يعنى توصيلة نجمة ضغط منخفض وأما الرقم الذى يأتى بعد الحرفين فيبين الزاوية  
بين الضغط. العالى والضغط. المنخفض - وتستخدم التوصيلات  $Yd1$ ،  $Yz1$ ،  $Yy0$   
،  $Dy1$  ، للمنشات الجديدة ويستخدم لتغذية شبكات التوزيع للقدرات الصغيرة .  
توصيلة الزحاج  $Yz1$  وفى تغذية الشبكات للقدرات الكبيرة تستخدم توصيلة  
 $Dy1$  وعند توصيل المحولات على التوازي يجب أن تكون مجموعة التوصيل  
متطابقة فى كل المحولات التى توصل بالتوازي .

### ٣٨٨٣ تحويل تيار ثلاثى : أوجه إلى وجه واحد فى المحولات :

فى كثير من الأحيان نحتاج إلى تحويل ضغط. على ٦٦٠ فولت ثلاثة أوجه  
إلى ضغط. ٢٢٠ فولت وجه واحد وذلك باستخدام المحولات الكهربائية وتصادفنا  
فى هذه الحالة عقبة وهى عدم التوازن فى تحميل الثلاثة أوجه - وأبسط طريقة  
للحصول على ضغط. وجه واحد من خط. ثلاثة أوجه أن نوصل محول وجه واحد  
على أى من الخطوط الثلاثة - وإذا كان لدينا محول ثلاثة أوجه فى الإبتدأى والثانوى  
يوصل ملفات الإبتدأى بالخط ويؤخذ وجه واحد من ملفات الثانوى بعد عزلة عن  
باقى الملفات وبذلك نعطل ثلثى قدرة المحول - أما إذا وصلنا ملفات الثانوى الثلاثة  
أوجه بالتتابع ليكون تيار الثلاثة أوجه فى إتجاه واحد ونحصل فى النهاية على  
دائرة واحدة كفى شكل ٣ - ٣٦ - ١ حيث يبين توصيل ملفات الإبتدأى باليغبوع  
ثلاثة أوجه - أما ملفات الثانوى فتتصل معاً مع مراعاة إتجاه التيار لتمثل دائرة  
الملف الثانوى وجه واحد وشكل ٣ - ٣٦ - ب يبين الدائرة النظرية للملفات الإبتدأى  
ثلاثة أوجه نجمه وملفات الثانوى الثلاثة تتصل معاً وجه واحد - ولكننا بذلك  
نحصل على عدم توازن فى تيار ملفات الثلاثة أوجه الإبتدائية حيث يكون التيار  
فى أى لحظة فى أحد الأوجه الثلاثة عكس التيار فى الوجهين الآخرين - ولكى  
نحصل على التوازن المطلوب نستخدم أحد الطرق الآتية :



٣/٣٦ أ توصيل ملفات الابتدائي لمحول ثلاثة أوجه نجمه والثانوى وجه واحد للمحصول منه على تيار وجه واحد مع عدم توازن التيار في ملفات الابتدائي .



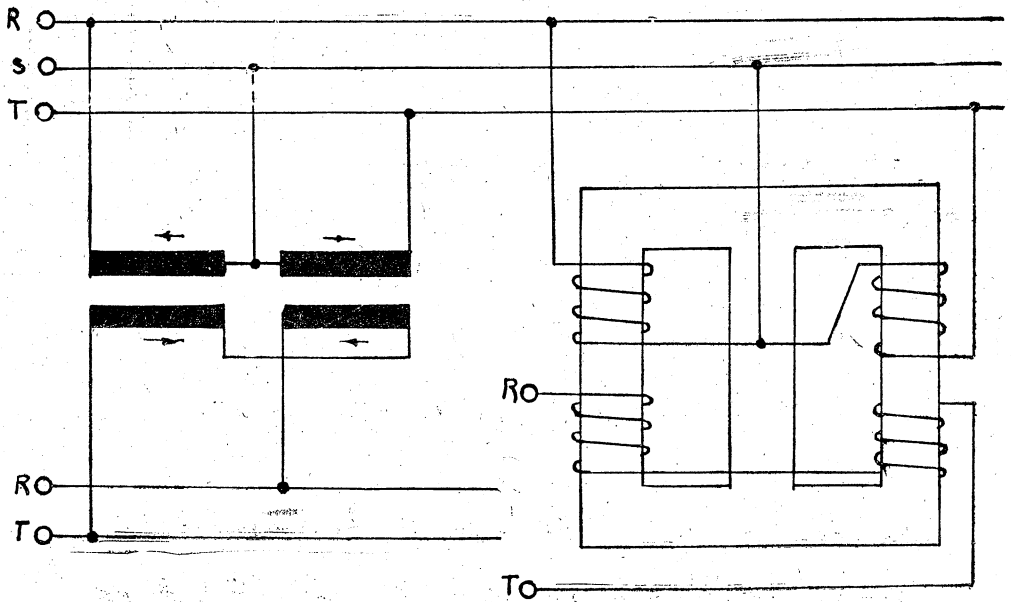
٣/٣٦ ب الدائرة النظرية لنفس المحول الابتدائي نجمه والثانوى وجه واحد

## الطريقة الأولى :

## ٣٨ر طريقتا الدلتا المفتوحة ( ملفان لكل فرع )

يستخدم في هذه الطريقة قلب حديدي ذو ثلاثة أفرع يوضع ملفان للفرعين الخارجيين للدائرة الابتدائية وتسمى طريقة الدلتا المفتوحة حيث لا توضع ملفات على الفرع الأوسط أما دائرة الثانوى فتتكون من ملفين كذلك موضعين على نفس الفرعين السابقين وتتوصلان بالتوالي مع بعضهما مع مراعاة اتجاه التيار بهما كما في

شكل ٣ - ٣٧

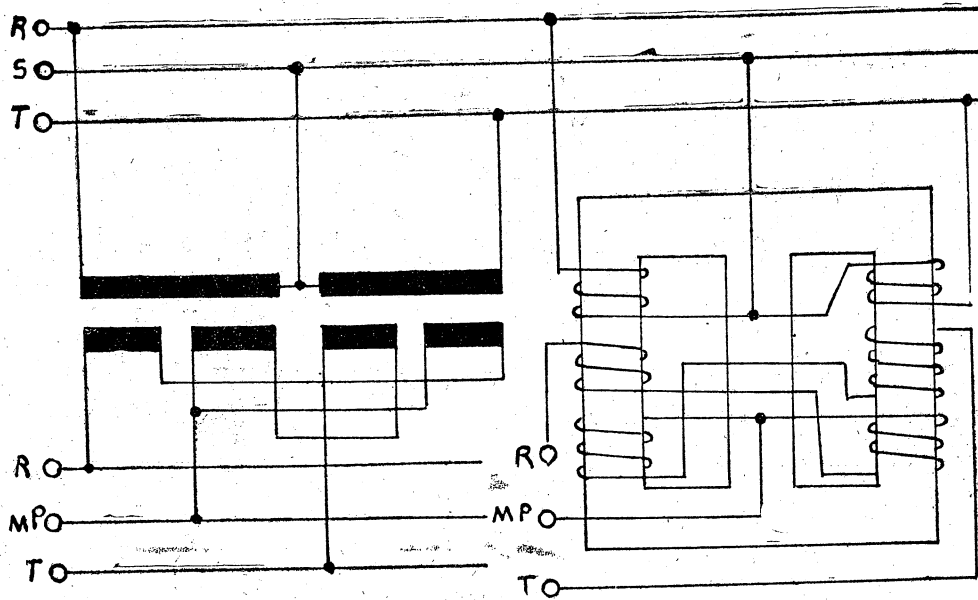


٣٧/٣ طريقتا الدلتا المفتوحة باستخدام ملفان لكل فرع

## ٣٨ر طريقتا الدلتا المفتوحة (ثلاثة ملفات لكل فرع) :

وهي نفس الطريقة السابقة ولكن يوضع على كل فرع من الأفرع الخارجية ثلاثة ملفات ويتصل الابتدائي بالطريقة السابقة تماماً. أما ملفات الثانوى

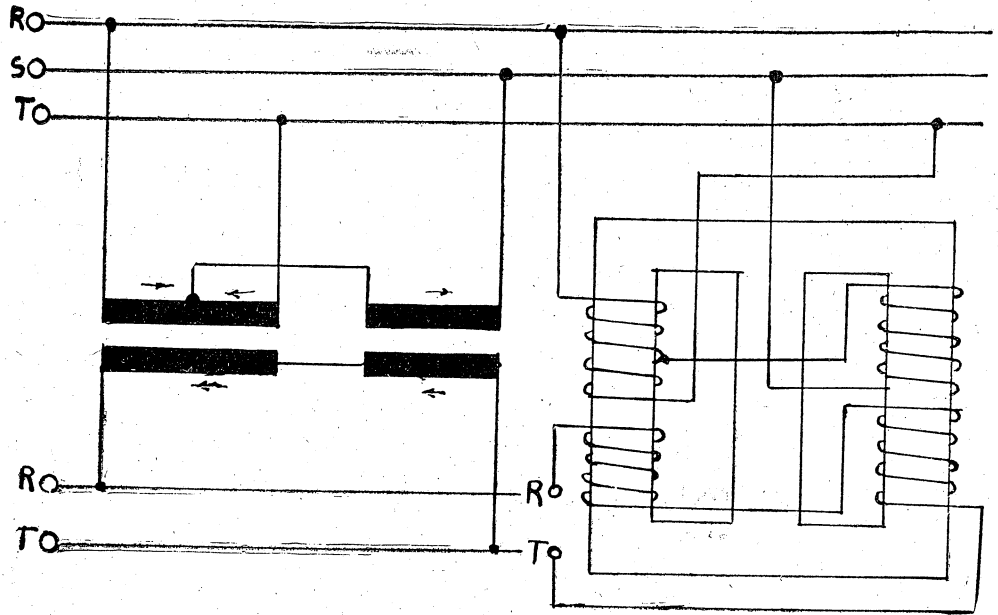
فهي أربعة ملفات يمكن توزيع الحمل إلى قسمين عليها بثلاثة أطراف ويظل الفرع الأوسط في قلب المحول خالي كذلك والشكل ٣٨ / ٣ يبين هذه الطريقة .



٣٧/٣ طريقة الدلتا المفتوحة ثلاثة ملفات لكل فرع

### ٣٨/٣ طريقة T للتوصيل (ملفات لكل فرع)

في هذه الطريقة يستخدم قلب حديدي ثلاثة أفرع يستخدم الفرعان الخارجيان ويبقى الفرع الثالث خالي من اللف وتتكون الدائرة الابتدائية على شكل T وتحتوي على ملفين - أما الدائرة الثانوية فتحتوي على ملفين كذلك متصلان معاً بالتوالي - مع ملاحظة أن مساحة مقطع الساق المتوسطة تزيد عن مساحة كل من الساقين الخارجيين بمقدار ٤١,٥ ٪ كما في شكل ٣٩ - ٣

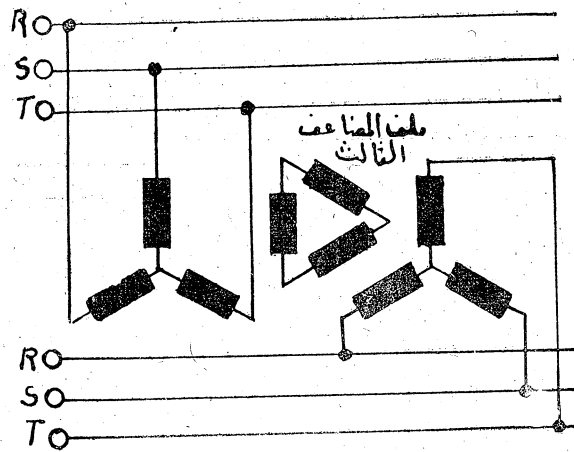


شكل ٣٩/٣ طريقة توصيل ملفات محول على شكل **T** الابتدائي ثلاثه أوجه والثانوى وجه واحد

### ٣٨٧ر ذبذبات الدخيلة و كيفية التخلص منها :

تتولد في الشبكة الكهربائية للتيار المتغير ذبذبات دخيلة تسمى **Higher Harmonics** يمكن رؤيتها على شاشة الراسم الكهربى (الأوسيجراف) فيظهر في المنحنى الجيبى للتيار المتغير تعرجات لها ترددات عبارة عن مضاعفات فردية لتردد التيار وأخطر هذه المضاعفات المضاعف الثالث **Third Harmonic** ويكون تردد هذا التيار الدخيل ١٥٠ ذبذبة عند تردد ٥٠ ذبذبة / ثانية للتيار الأصلي ويصل ضغط هذه التيارات المضاعف الثالث يصل إلى ٦٠ ٪ من الضغط الأصلي وهذه التيارات تسبب إرتفاعات متتالية تضر بالمواد العازلة للمحول — ويجب التخلص من هذه التيارات الدخيلة من المحولات المتصلة نجمة/نجمه حيث أن في المحولات دلتا/نجمه تجدد هذه التيارات طريقها خلال ملف الدلتا وتنصرف فيها دون الوصول إلى الدائرة الخارجية — ويستخدم للتخلص من ترددات المضاعف الثالث

للتيارات الدخيلة ملفات تسمى الملفات الثالثة توصل دلتا وتوضع بين الملفات الابتدائية والملفات الثانوية للمحول كما في شكل ٣ - ٤٠ - وهذه الملفات علاوة على إستخدامها لتصير ممراً للتيارات الدخيلة من المضاعف الثالث فإنها تعمل كذلك على إتران الحمل في الدائرة الابتدائية للمحول رغم عدم إتران الحمل في دائره الثانوى وتستهمل هذه الملفات كذلك كدائره ثانوية لتغذية بعض الأحمال الإضافية علاوة على إستخدامها للتخلص من المضاعف الثالث وإحداث التوازن في التيار عند الحمل في الثانوى .



شكل ٣٩-١ حساب دائرة تحتوي على ملفين متصلين بالتوازي ومتصلة دائره بنبوع متغير

### ٣٩ طريقة وقاية المحولات :

يتعرض المحول الكهربائي إلى أخطاء كثيرة منها ما هو مباشر يصيب المحول نفسه ومنها ما هو غير مباشر يقع على الشبكة الكهربائية ويؤثر على المحول بطريق غير مباشر - ولذلك نعتبر حماية الشبكة الكهربائية حماية للمحول نفسه وكذلك حماية المحول ضرورة للشبكة المتصلة به .

### ٣٩١ الأخطاء التي تقع على الشبكة الكهربائية :

هذه الأخطاء رغم أنها تؤثر مباشرة على الشبكة الكهربائية ولكن يلزم



حماية المحول منها لأنها تؤثر فيه بطريق غير مباشر وهذه الأخطاء التي تقع على الشبكة هي :

- ١ - زيادة الحمل على المحول عن الحد المكنن .
  - ٢ - حدوث قصر في الدائرة الخارجية أى بين الخطوط وبعضها أو بين الخطوط والأرض .
  - ٣ - الصواعق الجوية ذات الضغط المرتفع والترددات العالية التي تصيب الخط الهوائى إصابة مباشرة أو غير مباشرة وبالتالي تؤثر على المحول .
- ٣٩٢ ر٣ الأخطاء التي تقع داخل المحول نفسه :

وهذه الأخطاء رغم أنها تؤثر على المحول مباشرة ولكن يلزم حماية الخط الكهربائى والشبكة الكهربائية منها System Protection وهذه الأخطاء هي :

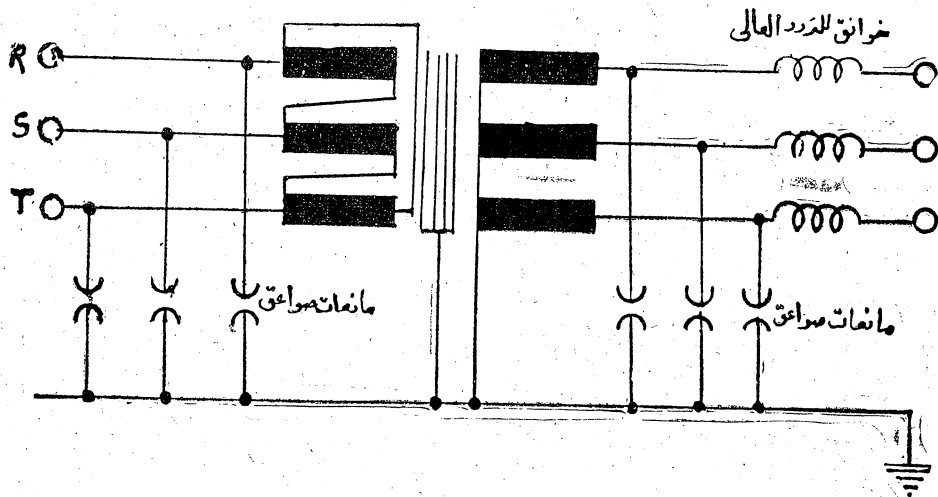
- ١ - كسر العازل بين الملفات والأرض .
- ٢ - قصر بين الملفات وبعضها في دائرة الضغط العالى أو دائرة الضغط المنخفض .
- ٣ - قصر بين ملفات الضغط العالى والضغط المنخفض .

٤ - كسر العازل بين الأطراف والأرض ( نهايات التوصيل )

والخطأ الأول وهو كسر العازل بين الملفات والأرض نتيجة عدم وجود موانع صواعق مم يسبب مرور تيارات عالية ذات ضغط وتردد عالى  $H.V.$  and  $H.F$  Surges - وتلف العازل يكون كذلك نتيجة إحترقا بسبب ارتفاع حرارة الملفات فيحترق العازل بين الملفات وقد يسبب إحتراق العازل بين الملفات والقلب الحديدى . أو يسبب حدوث قصر بين الملفات وبعضها كما في الأخطاء ٢ ، ٣ . ولذلك يجب فصل المحول عن الشبكة من ناحيتي الضغط العالى والمنخفض - ويقوم بهذا الفصل السريع أجهزة أوتوماتيكية كما سيأتى شرحها :

## ٣٩٣٣ وقاية المحول من الصواعق والتيارات الخطرة :-

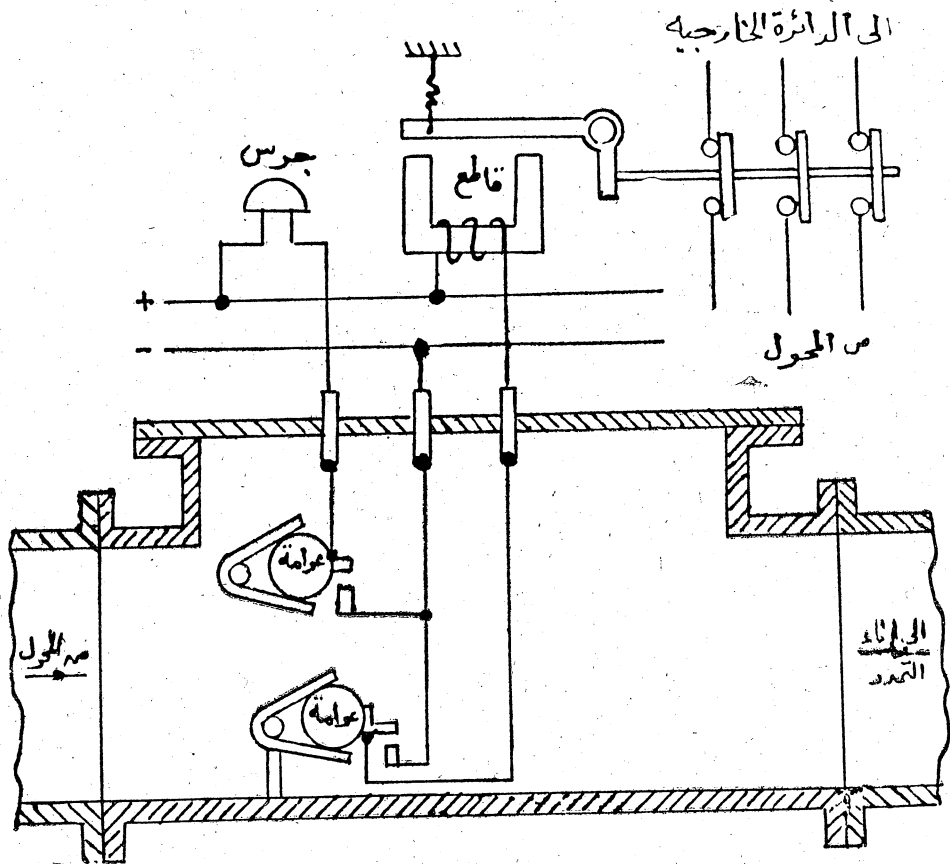
التيار الذي يحدث بسبب الصواعق بسبب قصر بين الخطوط أو بين الخطوط والأرض وقد يصيب المحول مباشرة مما يسبب جهود ميكانيكية وحرارية على ملفات المحول فيتحطم المحول ويحترق وللوقاية توضع ملفات خانقة ذات قلب هوائى (تسمى ملفات تردد عالى) فى دائرة المحول لكي تحد من شدة التيار عند القصر - ويوضع إتصالات معدنية على شكل قرن تحصر بينها ثغرات هوائية على أبعاد محسوبة - فإذا زاد الضغط عن حد معين نتيجة تكون شحنات كهربائية ذات ضغط وتردد عالى تصيب الشبكة بسبب الصواعق - فإن هذا الضغط يحدث تفريغ كهربى على شكل شراره ويتم هذا التفريغ خلال الأرض وبذلك لا يتعرض المحول لأخطار الصواعق والشكل ٣ - ٤١ بين محول ثلاثة أوجه دلتما / نجمة يوصل بين المولد والخط الهوائى ويظهر منه كيفية توصيل قلب المحول بالأرض وكذلك توصيل مانعات الصواعق والملفات الخانقة للتردد العالى.



شكل ٤١/٣ مانعة صواعق لوقاية المحول من الضغط والتردد العالى للصواعق

## ٤٩٣ جهاز بوخلز : Bucholz Protection Relay

أول الأخطار التي تصيب المحول هي كسر العازل بين الملفات والأرض أو حدوث إتصال بين الملفات وبعضها أو إتصال بين ملفات الضغط العالي وملفات الضغط المنخفض لذلك يجب فصل المحول من الدائرة فور وبأسرع ما يمكن ويقوم بهذا الفصل السريع أجهزة أنوماتكية مثل جهاز بوخلز شكل ٣-٤٢ وهذا الجهاز خاص بحماية المحول ضد القصر الداخلي في الملفات أو أى إتصال بين الملفات والقلب الحديدي .



شكل ٣ / ٤٢ جهاز بوخلز لوقايه المحولات

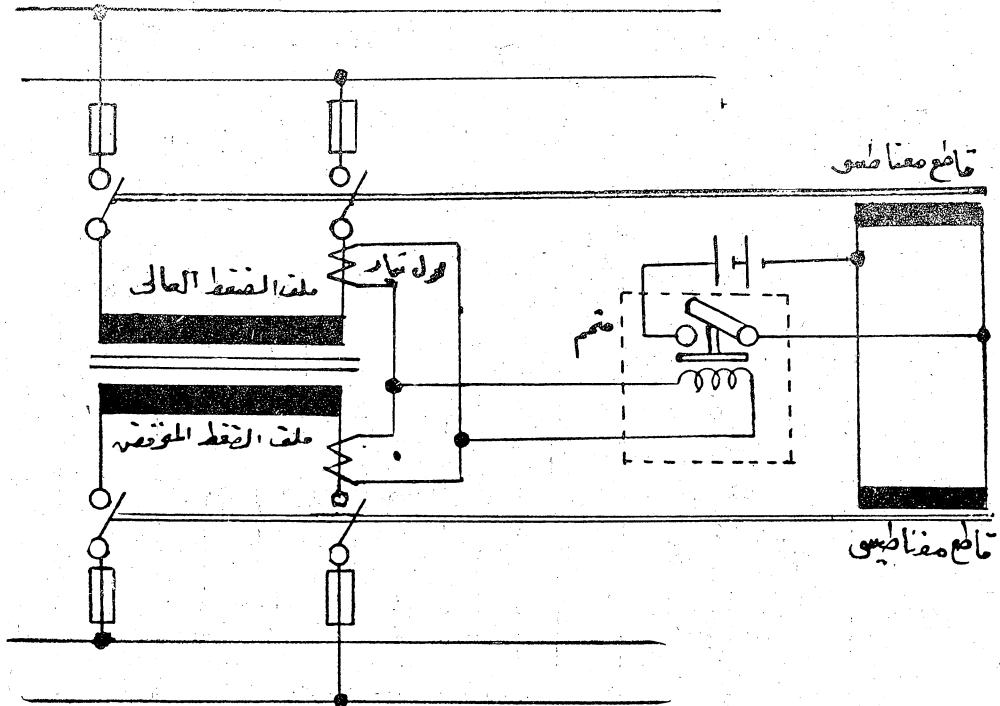
## ١٤٤٩ ر ٣٩ التركيب ونظرية التشغيل: -

يركب هذا الجهاز داخل ماسورة تتصل بين وعاء المحول الذي يحتوى زيت التبريد وبين إناء التمدد أعلى المحول - ويشغل بتأثير مزدوج للفصل والتقنية ولذلك به وسيلتان - إحداهما عبارة عن عوامة مثبتة قرب أسفل الماسورة وعوامة أخرى أعلى الماسورة - فإذا حدث قصر بسيط داخل المحول وارتفعت حرارة فإن جزء من الزيت يتبخر ويتجمع في أعلى الماسورة التي للجهاز وهذا الزيت المتبخر يضغط على العوامة العليا إلى أسفل فتعمل على توصيل دائرة جرس كهربائى ويحدث تنبيه - أما إذا كان القصر شديد داخل المحول وينتج عنه أخطار على المحول فإن الزيت يغلى ويتبخر بكميات كبيرة ويندفع داخل الجهاز فيضغط على العوامين العليا والسفلى لأن تأثير بخار الزيت يكون واقع على الحيز كله ونتيجة التأثير على العوامة السفلى إلى أسفل وتوصل الدائرة الكهربائية للقفاز الأتوماتيكى فيجذب إليه رافعة القاطع التي تعمل بدورها على فصل مفتاح الدائرة الرئيسية ويتم بذلك فصل المحول عن الدائرة الخارجية ويوجد بالجهاز أنبوبة زجاجية على نظرية الألوان المستطرفة متصلة من أسفل ومن أعلى يمكن رؤية الغاز المتكون بها وتميز لونه ومن هذا اللون يمكن تقدير الخطأ الواقع على المحولات بصفة تقريبية ويوجد أعلى الجهاز صنوبر لإخراج الغاز عند اللزوم - وفي المحولات الجديدة التي تملأ بالزيت يكون في الجهاز كمية من الهواء مختلطة بالزيت فيلزم فتح الصنوبر حتى يأخذ الزيت طريقة إلى أعلى حتى يظهر على أنبوبة البيان ويزيح أمامه الهواء خلال الصنوبر .

## جهاز مرتس براسى Merz Price circulating system

هذا الجهاز هو أكثر أجهزة الوقاية إنتشاراً وأهمها بالنسبة للمحولات - وتعمل هذه الأجهزة لفصل المحول في حالة إتصال الملفات بالأرض أو حدوث قصر

داخلی بین الأوجه أو بین ملفات الوجه الواحد وشکل ۳- ۴۳ یبین محول وجه واحد متصل بنظام میرتس برایس .

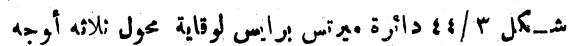


شكل ٤.٣/٣ دائرة جهاز ميرتس برائس لوقاية محول وجه واحد

ترکیب و نظریه تشغیل جهاز میرتس برائیس : —

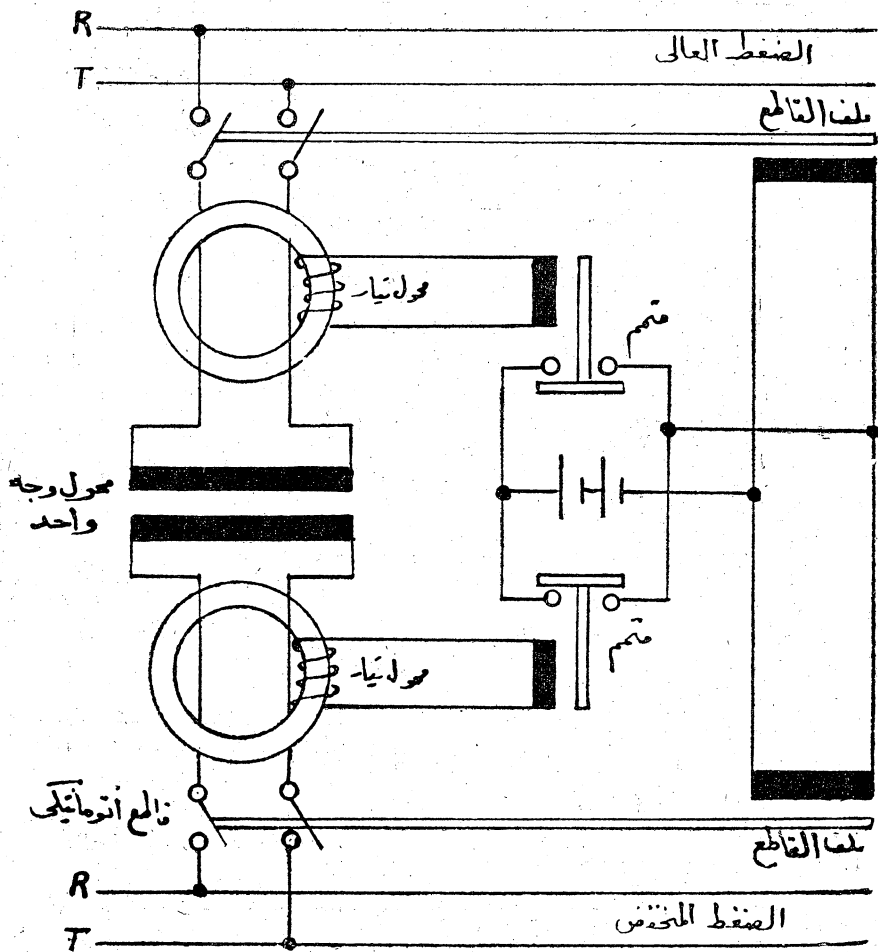
تحتوى الدائرة على المحولات للتيار فى كل من دائرتى الضغط العالى والضغط المنخفض - وهذه المحولات موصلة بالقوى بحيث يكون تيارها متساوى عند الأحوال الطبيعية - أما إذا إختل هذا التعادل نتيجة خطأ داخل المحول - فإن جهاز الحماية يعمل فوراً لفصل المفاتيح عن طريق توصيل دائرة أخرى للتيار المستمر متصلة بملف مغناطيسى فتعمل على فصل المحول عن الدائرة الخارجية ويقوم بهذا العمل القاطع المغناطيسى الأوتوماتيكى - ويلاحظ أنه توجد مصهرات فى الأسلاك الموصلة بين محولات التيار - فإذا إنصهرت هذه المصهرات - فإن الجهاز يعمل فوراً - والمفروض أن هذه المصهرات تنصهر عند زيادة الحمل عن الحد المقرر .

الشكل ٣ - ٤٤ يبين محول ثلاثة أوجه - ويلاحظ أن هناك محولات تيار عند كل خط. سواء في دائرة الابتدائي أو الثانوي - ومحولات التيار في الدائرة



الإبتدائية متصلة بمحولات التيار في الدائرہ الثانوية بالتوالى كل مع نظيره — بحيث يكون تيارها متساوياً عندما تكون الدائرة في حاله طبيعىة والدائرہ في الإبتدائى والثانوى في حالة تعادل — أما إذا إختل هذا التعادل نتيجة خطأ

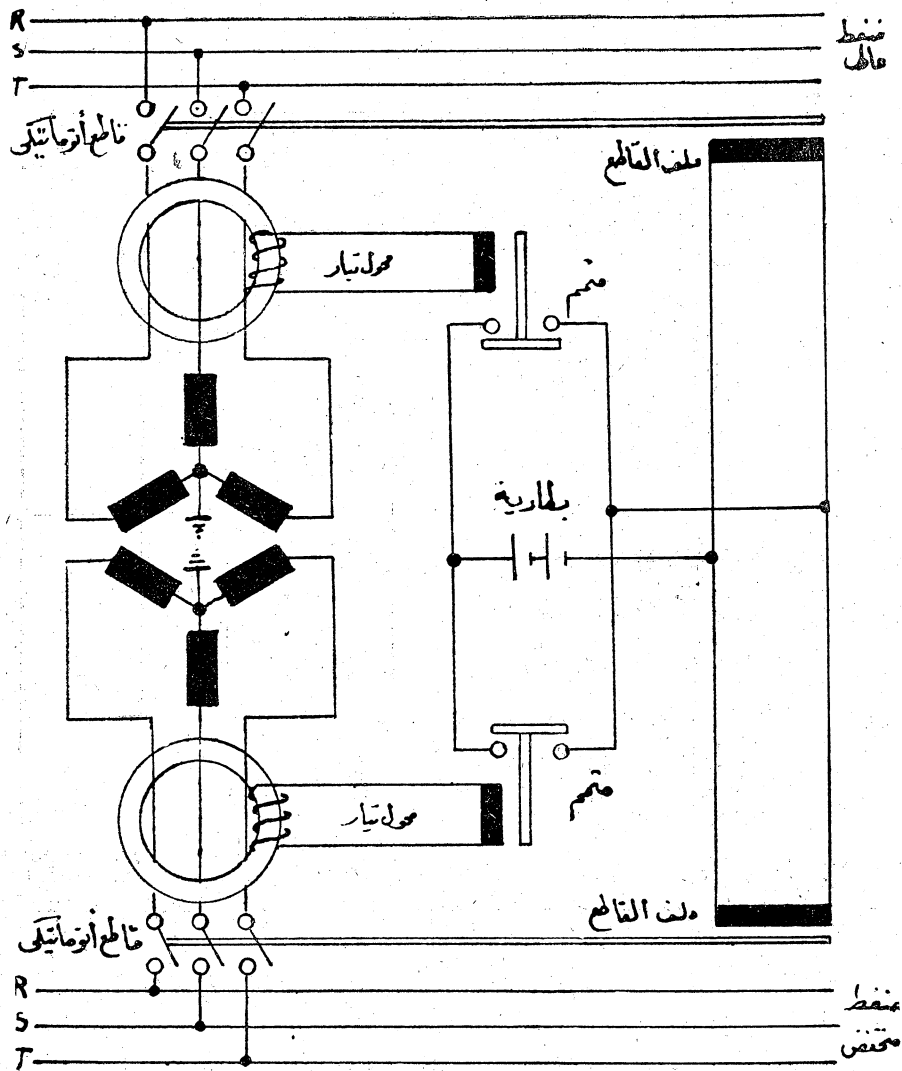
داخل المحول فإن جهاز الحماية يعمل فوراً لفصل المفاتيح وذلك عن طريق دائرة التتميمات التي تقوم بقفل دائرة الملف المغناطيسي للقاطع وبقوم القاطع بفضل المحول عن الخط الكهربائي في دائرتي الضغط العالي والمنخفض - ويقوم هذا الجهاز بعمله في حالة إتصال أحد ملفات الابتدائي أو الثانوي بالأرض أو حدوث قصر بين ملفات الوجه الواحد أو حدوث قصر بين الأوجه أو حدوث قصر بين ملفات الضغط العالي والمنخفض - وفي هذه الأحوال جميعها يختل التبادل في الجهاز وبذلك يقوم الجهاز بعمله .



شكل ٤٥/٣ دائرة جهاز القلب المترن لوقاية محول وجه واحد

## ٢٩٦ جهاز القلب المتزن :-

يستخدم في هذه الطريقة الدائرة المبينة في شكل ٤٥-٣ لحماية محول وجه واحد - ويظهر في الشكل أطراف المحولات تمر في قلب حديد مستدير في كل من الدائرة الابتدائية والثانوية - وحول كل قلب حديدى يوجد محول للتيار



شكل ٤٦/٣ دائرة جهاز القلب المتزن لوقاية محول ٣ أوجه



يتصل بمتهم - وعندما ما تكون الأحوال طبيعية تكون الدائرة المغناطيسية في حاله تعادل فلا يمر تيار في التتمات - ولكن عندما يتصل أحد الملفات بالأرض أو حدوث قصر داخلي في الملفات يختل الإيزان المغناطيسي - وتولد  $s . e . l$  في ملف التيار المبين على القلب الحديدي ويمر به تيار فيقفل دائرة الملف القاطع التي تعمل على جذب رافعة وتفصل المحول عن الدائرة .

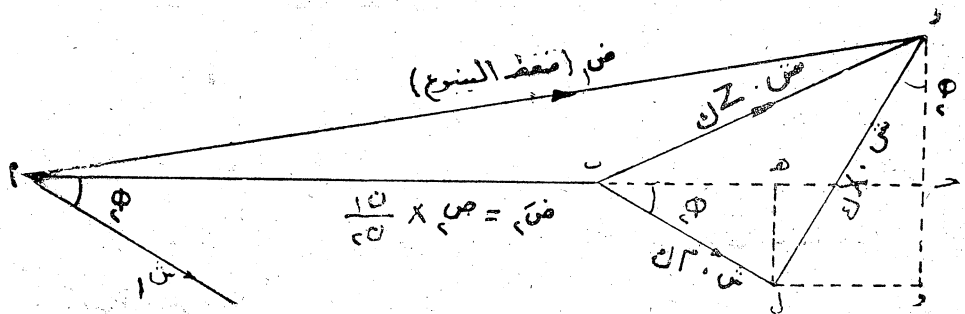
وشكل ٣ - ٤٦ يبين دائرة جهاز القلب المتزن لحماية محول ثلاثة أوجه .

٢١٠ حساب تنظيم المحولات الكهربائية :-

يعرف التنظيم بمقدار التغير الذي يحدث على طرفي الملف الثانوي بين عدم الحمل والحمل الكامل عندما يكون ضغط المينبوع على طرفي الملف الابتدائي ثابت المقدار - ويحسب التنظيم كنسبة مئوية من ضغط الثانوي عند حمل أى أن :-

$$\text{التنظيم في المائة} = \frac{\text{ص ٢ عند لا حمل} - \text{ص ٢ عند الحمل الكامل}}{\text{ص ٢ عند لا حمل}} \times 100$$

٢١٠ ٣ تنظيم المحول من الناحية الابتدائية :-



٢٧/٣ الموجهات للدائرة المكافئة للمحول من الناحية الابتدائية

شكل ٣ - ٤٧ يبين الرسم البياني للموجهات للدائرة المكافئة للمحول وهذا

الرسم يوضح :-

س<sub>١</sub> = تيار الإبتدائي المعادل لتيار الثانوى

$$= \frac{٢٥}{١٥} س٢$$

ا ب = الضغط على طرفى الملف الإبتدائى ويعادل ضغط الثانوى

$$= ص٢ \times \frac{١٥}{٥}$$

ب ل = الضغط المفقود فى مقاومة المحول المادية منقول إلى الناحية الإبتدائية

$$= س١ [ ( \frac{١٥}{٥} ) ص٢ + ص١ ]$$

و ل = الضغط المفقود فى الممانعة التأثيرية الكلية للمحول منقوله  
ناحية الإبتدائى .

$$= س١ [ ( \frac{١٥}{٥} ) ص٢ \times + ص١ \times ]$$

و ب = محصلة الضغط المفقود

$$= س١ \times \angle Z$$

ا و = ضغط الينبوع

وبإسقاط العمود و ح على إمتداد ا ب فإن ا ح يساوى تقريباً ا و  
ويكون التنظيم :

$$\frac{ب}{ا} \times ١٠٠ = \text{التنظيم فى المائة}$$

$$\therefore \text{ضغط الينبوع (ص}^2\text{)} = \text{ص}^2\text{م} + \frac{\text{ص}^2}{\text{ص}^2} \times \text{ص}^2\text{م} = \text{ص}^2\text{م} + \text{ص}^2\text{م}$$

$$\text{ص}^2\text{م} + \text{ص}^2\text{م} \left[ \left( \frac{\text{ص}^2}{\text{ص}^2} \right) \text{ص}^2\text{م} + \text{ص}^2\text{م} \right]$$

$$\text{ص}^2\text{م} \left[ \left( \frac{\text{ص}^2}{\text{ص}^2} \right) \text{ص}^2\text{م} + \text{ص}^2\text{م} \right]$$

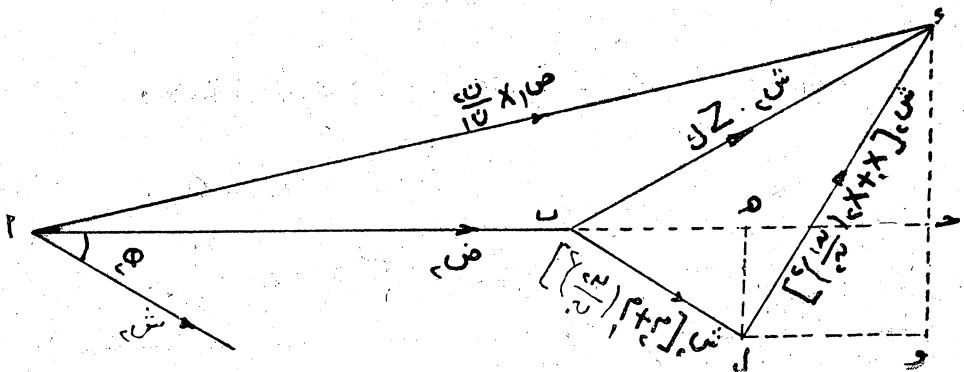
ويكون التنظيم المادية =

$$\frac{\text{ص}^2\text{م} \left[ \left( \frac{\text{ص}^2}{\text{ص}^2} \right) \text{ص}^2\text{م} + \text{ص}^2\text{م} \right] + \text{ص}^2\text{م} \left[ \left( \frac{\text{ص}^2}{\text{ص}^2} \right) \text{ص}^2\text{م} + \text{ص}^2\text{م} \right]}{\text{ص}^2\text{م}}$$

$$100 \times$$

٣٠٠٣ تنظيم المحول من الناحية الثانوية :-

شكل ٣-٤٨ يبين الدائرة المكافئة للموجّهات من ناحية الملف الثانوي  
ويوضح منه ما يأتي :-



شكل ٤٨/٣ الموجّهات من ناحية الثانوي

$${}^2\phi \left[ \left( \frac{{}^2\phi}{{}^2\phi} \right) {}^2\phi + {}^1\phi \right] {}^1\phi - {}^1\phi = \frac{{}^2\phi}{{}^2\phi} {}^2\phi$$

$${}^2\phi \left[ \left( \frac{{}^2\phi}{{}^2\phi} \right) {}^2\phi + {}^1\phi \right] {}^1\phi -$$

$${}^2\phi \left[ \left( \frac{{}^2\phi}{{}^2\phi} \right) {}^2\phi + {}^1\phi \right] {}^1\phi - {}^1\phi = \frac{{}^2\phi}{{}^2\phi} {}^2\phi \therefore$$

$${}^2\phi \left[ \left( \frac{{}^2\phi}{{}^2\phi} \right) {}^2\phi + {}^1\phi \right] {}^1\phi -$$

$${}^2\phi \left[ \left( \frac{{}^2\phi}{{}^2\phi} \right) {}^2\phi + {}^2\phi \right] {}^2\phi - \frac{{}^2\phi}{{}^2\phi} {}^2\phi = {}^2\phi$$

$${}^2\phi \left[ \left( \frac{{}^2\phi}{{}^2\phi} \right) {}^2\phi + {}^2\phi \right] {}^2\phi -$$

∴ التنظيم في المائة =

$$\frac{{}^2\phi (\text{ضغط الثانوى عند لا حمل}) - \text{ضغط الثانوى عند الحمل الكامل}}{\text{ضغط الثانوى عند لا حمل}} \times 100$$

وبلاحظ أن ض<sub>٢</sub> عند لا حمل تساوى تقريباً ض<sub>١</sub> ×  $\frac{{}^2\phi}{{}^2\phi}$  نظراً لصغر تيار الحمل

∴ التنظيم في المائة =

$$\frac{{}^2\phi \left[ \left( \frac{{}^2\phi}{{}^2\phi} \right) {}^2\phi + {}^2\phi \right] {}^2\phi + {}^2\phi \left[ \left( \frac{{}^2\phi}{{}^2\phi} \right) {}^2\phi + {}^2\phi \right] {}^2\phi}{\text{ض}}$$

ض

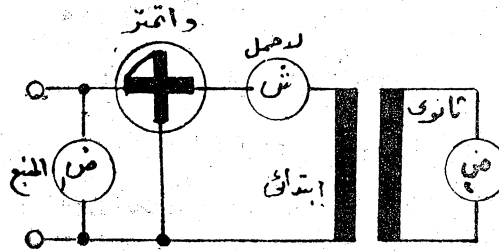
× 100

## ٣١١ اختبار المحولات :-

تجرى تجربة الدائرة المفتوحة ودوائر القصر على المحول لحساب تفطيم المحول وكذلك حساب جودته وذلك بدون تحميل المحول حيث أن التحميل لا يكون متيسر دائماً .

## ٣١١ أولة تجربة الدائرة المفتوحة :-

يوصل المحول كما في شكل ٣-٤٩ - بينبوع ضغط يساوى ضغط الإبتدائي وله



شكل ٣/٤٩ تجربة الدائرة المفتوحة للمحول

نفس تردد المحول - ثم يوصل فولتметр لقياس  $V_2$  على طرفي الملف الثانوي ويوصل أمبير متر في دائرة الملف الإبتدائي وكذلك واتمتر وفولتметр ليقاس ضغط البنيوع  $V_1$  - وحيث أن مقاومة الفولتметр عالية فإنه لا يسرى تيار في دائرة الثانوي أي أن الدائرة تكون مفتوحة تقريباً والنسبة بين قراءتي فولتметр الإبتدائي إلى فولتметр الثانوي  $= \frac{V_1}{V_2}$  = نسبة التحويل . ويقراً الأمبيرومتر تيار اللاحمل

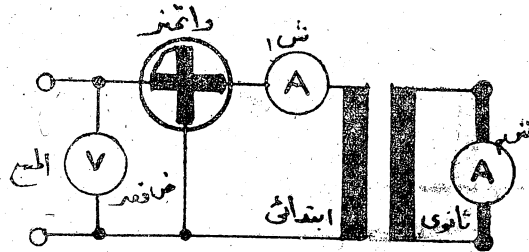
وتسكون هذه القراءة أقل من ٥٪ من تيار الحمل الكامل .

∴ الفقد في المقاومات المادية (في حالة لاحمل) =  $I_0^2 R$  وهذا

المقدار صغير يمكن إهماله وبذلك تكون قراءة الواتمتر في هذه التجربة قيمة المفاقيد الحديدية فقط .

## ٢١١٢ تجربة القصر الدائرى :-

فى هذه التجربة يوصل طرفى الملف الثانوى بأمبير متر مناسب يتحمل تيار الحمل الكامل كما فى شكل ٢ - ٥٠ ويوصل بالملف الابتدائى أمبير متر آخر



شكل ٢/٥٠ تجربة القصر الدائرى للمحول

وواثمتر وفولتمتر ويوصل على طرفى الملف الابتدائى ينبوغ ضغط منخفض ويزداد تدريجياً إلى أن يمر فى المحول تيار الحمل الكامل ويظهر ذلك فى قراءة الأمبير متر المتصل بالثانوى - ويلاحظ أن الضغط الذى يلزم لإمرار تيار الحمل الكامل هذا يكون صغيراً بالنسبة للضغط المادى ونظراً لمرور تيار الحمل الكامل فى ملفات الثانوى - فإن المفاقيد الفحاسية فى هذه الحالة تساوى المفاقيد الفحاسية عند الحمل الكامل - أما مفاقيد الحديد فتكون صغيرة جداً نظراً لصغر الضغط على طرفى الملف الابتدائى ومعنى هذا أن قراءة الواثمتر فى هذه الحالة تكون مساوية للمفاقيد الفحاسية عند الحمل الكامل .

## ٢١١٣ حساب جودة المحول :-

٠. المفاقيد الحديدية = قراءة الواثمتر فى تجربة الدائرة المفتوحة

= م ح وات

٠. المفاقيد الفحاسية عند الحمل الكامل = قراءة الواثمتر فى تجربة القصر

$$= \phi \text{ ن وات}$$

$$\therefore \text{جودة المحول عند الحمل الكامل} = \frac{\text{الخرج}}{\text{الخرج} + \phi \text{ ح} + \phi \text{ ن}} \times 100$$

وإذا كان الخرج معطى بالكيلو فولت أمبير

$$\therefore \text{الجودة} = \frac{\text{الخرج (بالكيلو فولت أمبير)} \times \text{معامل القدرة} \times 100}{\text{الخرج (بالكيلو فولت أمبير)} \times \text{معامل القدرة} + \text{المفايد بالكيلوات}}$$

والجودة عند أى حمل شدته  $= \phi \text{ أمبير}$

$$\text{وتكون} \frac{\text{مفايد النحاس عند هذا الحمل}}{\text{مفايد النحاس عند الحمل الكامل}} = \left( \frac{\phi}{\phi \text{ حمل كامل}} \right)^2$$

$$\therefore \text{مفايد النحاس عند أى حمل } (\phi) = \phi \text{ ن} \left( \frac{\phi}{\phi \text{ حمل كامل}} \right)^2$$

وتكون الجودة عند هذا الحمل =

$$= \frac{\text{الخرج}}{\text{الخرج} + \phi \text{ ح} + \phi \text{ ن} \left( \frac{\phi}{\phi \text{ حمل كامل}} \right)^2} \times 100$$

ويمكن إيجاد الجودة بالطريقة الآتية :-

$$\text{الجودة في المايه} = 100 - \left( \frac{\text{القدرة المفقودة} \times 100}{\text{قدرة المحول} \times \phi \text{ حقا}} \right) \text{ في المايه}$$

## اسئلة مختارة عن الباب الثالث

- ١ - اشرح النظرية الأساسية للمحول .
- ٢ - اشرح باختصار كيف يمكن إستعمال المحول لنقل قدرات عالية إلى مسافات مع إعطاء مثال لذلك . وأذكر مميزات نقل الضغط المرتفع .
- ٣ - اذكر العلاقة التي تربط الضغط والتيار وعدد اللفات للمحول .
- ٤ - كيف يمكن حساب ضغط المحول وكذلك تيار عدم الحمل به .
- ٥ - اذكر تأثير الحمل على كل من الملف الثانوى والإبتدائى - ثم اذكر المفايد التي تفقد في المحول عند تحول القدرة الكهربائية .
- ٦ - اشرح مع الرسم تركيب المحول الكهربائى - مع ذكر أنواع القلب الحديد له بالنسبة للوجه الواحد والثلاثة أوجه .
- ٧ - اشرح مع الرسم عدة طرق تستخدم في تركيب الملفات في المحولات .
- ٨ - اشرح مع الرسم أنواع المحولات النفسية وجه وثلاثة أوجه - مع ذكر مزايا وعيوب المحولات النفسية .
- ٩ - اشرح مع الرسم طرق التبريد المختلفة المستخدمة في المحولات - وفوائد التبريد .
- ١٠ - اذكر الطرق المستخدمة صناعيا في التبريد - وإذكر بعض خواص الزيت المستخدمة في العزل والتبريد .
- ١١ - اذكر أنواع المحولات المستخدمة في أجهزة القياس والمقارنة بينها وبين محولات القدرة .
- ١٢ - اشرح مع الرسم محول تيار وجه وثلاثة أوجه ومحول ضغط وجه واحد وثلاثة أوجه مع رسم طريقة توصيل أجهزة القياس .



- ١٣ - إشرح مع الرسم طريقة توصيل محولات تيار وضغط بواتمر .
- ١٤ - ماهى الشروط الواجب توافرها عند توصيل محولات قدرة بالتوازي مع شرح طريقة توصيل محول قدرة ٣ أوجه بالحمل .
- ١٥ - كيف يمكن تحويل تيار ثلاثة أوجه إلى تيار وجه واحد فى المحول مع الرسم .
- مع ذكر طريقة كل من : الدلتا المفتوحة ثلاثة ملفات لـكل فرع بطريقة التوصيل ملفان لـكل فرع .
- ١٦ - أذكر ما تعرفه عن الذبذبات الدخيلة وكيف يمكن التخلص منها فى المحولات .
- ١٧ - إشرح مع الرسم تركيب وعمل جهاز بوخلز .
- ١٨ - أذكر طرق وقاية المحولات والأخطاء التى يحتمل وقوعها فى المحول وكيف يمكن حماية المحول منها - وإشرح كذلك الأخطار الخارجية وكذلك حماية المحول منها .
- ١٩ - إشرح مع الرسم دائرة جهاز ميرتس برايس وكيفيه استخدامها لوقاية المحولات ثلاثة أوجه .
- ٢٠ - إشرح مع الرسم دائرة جهاز القلب المتزن وكيفيه إستخدامها لوقايه محول وجه واحد .
- ٢١ - محول نفسى للخفض وعدد لفاته ٨٠٠ لفة عند ضغط ٤٥٠ فولت أين يوجد الطرف المشترك ليعطينا الثانوى ٣٠٠ فولت .
- ٢٢ - قدرة المحول السابق ٢ كيلوات عند جودة ٩٣٪ إحسب تيار الإبتدأى والتيار المار خلال القسم المشترك للملف .
- ٢٣ - محول نفس جودته ٩٦٪ وصل بيمينوع ١٢٠ فولت - وكان تيار

الدائرة الثانوية ٨ أمبير عند ١٥٠ فولت - إحسب تيار الإبتدائي والتيار المار في القسم المشترك في الملف .

٢٤ - حول ضغط المولد في محطة قوى كهربائية بواسطة محولات ٥٥٠٠ فولت إلى ٢٥٠٠ فولت ثم رفع الضغط مرة أخرى من ٢٥٠٠ إلى ١١٠٠٠٠ فولت وكانت هذه الضغوط عند لاجل فكم تبلغ نسبة المحول الأول والثاني .

٢٥ - محول قدرة ٥ كيلوات ، ٥٠٠ فولت يستهلك عند التشغيل بدون حمل ٦٠ وات ويعمل المحول سنويا بدون حمل ٧٠٠٠ ساعة ويتكاف السكيلوات ١٠ مليون . إحسب التكاليف الاستهلاك التي يستهلكها هذا المحول بدون حمل سنويا .

٢٦ - محول قدرته ٧٥ كيلو فولت أمبير وضغطه العالي ٦٠٠٠ فولت - يستهلك ٤٧٥ وات عند توصيله بدون حمل - ويوصل الملف الثانوى للمحول صباحاً من الساعة السابعة ويفصل مساءً الساعة التاسعة :

( أ ) فكم ساعة بعملها المحول يوميا بدون حمل .  
( ب ) كم كيلوات ساعة يستهلكها المحول في اليوم خلال عمله بدون حمل .  
( ح ) كم تبلغ التكاليف اليومية لعمله بدون حمل إذا كان ثمن السكيلوات ساعة ١٥ مليون .

٢٧ - محول قدرته ١٠٠ كيلو فولت أمبير وضغطه ٩٠٠٠ ، ٣٨٠ فولت وصل هذا المحول بمولد معامل القدرة من جهة الثانوى جتا  $\phi = ٨$  ر ومفاقيه المحول ٢٪ من قدره الاسمية ومفاقيه اللا حمل ٦٠٠ وات إحسب :-

( أ ) مفاقيه الملف بالسكيلوات ( مفاقيه النحاس ) .  
( ب ) كم مفاقيه النحاس والتشغيل بدون حمل ؟  
( ح ) إحسب شدة التيار الاسمية الثانوية والإبتدائية .  
( د ) إحسب جودة المحول .

٢٨ - إحسب شدة التيار الاسمية لمحول قدرته ٧٥ كيلو فولت أمبير وضغطه ٦٠٠٠/٤٠٠ فولت .

٢٩ - محول قدرته ١٠ كيلو فولت أمبير وضغطه ٦٠٠٠/٢٢٥ فولت وصل بحمل في الثانوى بدون حث - ومفايد التشغيل للمحول بدون حمل ١٠٠ وات ومفايد الملف به ٢,٥٪ من القدرة الاسمية - إحسب جودة المحول .

٣٠ - دخل محول ٢٠ كيلو فولت أمبير وضغطه ٢٥٠٠/٢٨٠/٢٢٠ فولت طبقا لبيانات العداد في السنة هو ٦٥٣٥٠ كيلوات ساعة وانتج ٤٥٧٥٠ كيلوات ساعة فكم تبلغ الجودة الثانوية للمحول .

٣١ - إبتدأى المحول ١٠,٠٠٠ فولت والثانوى ١٠٠ إحسب نسبة التحويل وعدد لفات الثانوى إذا كانت عدد لفات الإبتدأى ٢١٠٠ لفة ( النسبة = ١٠٠ )  
 ( ٢١٠ لفة )

٣٢ - إبتدأى محول متصل يشتغل على ٦٦٠٠ فولت بينما يعطينا الثانوى ٢٣٠ فولت أحسب نسبة التحويل . [ الجواب ٢٨,٧ ]

٣٣ - محطة توليد كهربائية تستخدم مولد تيار مستمر ٢٠٠ كيلوات ، ٢٣٥ فولت . إحسب مساحة مقطع السلك المستخدم لخط الإرسال ،

[ الجواب ٨٧٠ أمبير ]

٣٤ - محول نفسى يحتوى على ١٢٠٠ لف متصل على طرفيه ٥٠٠ فولت كم يكون ضغط الثانوى عند الطرف الذى يقع عند ٩٠٠ لفة . [ ٣٧٥ فولت ]

٣٥ - ضغط التغذية لمحول نفسى ٤٠٠ فولت وكان تيار الإبتدأى = ٣٠ أمبير وكان ضغط الثانوى ٣٠٠ فولت - إحسب تيار الثانوى . [ ٤٠ أمبير ]

٣٦ - محول وجه واحد ضغطه الإبتدأى ٢٢٠ فولت - وعدد لفاته ٨٠٠

لفه وعدد لفات الثانوى ٤٦ لفة احسب نسب تحويل الابتدائى إلى الثانوى - ثم احسب ضغط الثانوى - بدون فقد .

٣٧ - فى المثال السابق الملف الثانوى للمحول يعطينا ٨ أمبير فى حمل عبارة عن مصابيح - احسب التيار الذى سيجبه المحول من الينبوع إذا كانت الجودة ٩٠٪.

٣٨ - ملف مقاومته المادية ٣ أوم وممانعته التآثيرية ٢٠ أوم وصل بطرفى محول نفسى ٤ فولت إذا كان ملف الابتدائى متصل بينبوع ١٢٠ فولت وجودة المحول ٩٢٪ احسب التيار الذى يأخذه المحول من الينبوع .

٣٩ - قدرة الخرج لمحول ثلاثة أوجه ٣٠ كيلو فولت أمبير وجودته ٩٥٪ وضغط الابتدائى ٣٠٠٠ فولت احسب تيار الابتدائى .

٤٠ - محطة محولات تقوم برفع ضغط الإستقبال من ٥٥٠٠ فولت ٢٥٠٠٠ فولت ثم تستخدم مرحلة ثانية لرفع الضغط من ٢٥٠٠٠ فولت ١١٠,٠٠٠ فولت علما بأن هذه الضغوط محسوبة أثناء تشغيل المحولات بدون حمل والمطلوب حساب نسبة التحويل للمحولين فى المرحلة الأولى والمرحلة الثانية .

## الباب الرابع

### مولدات التيار المتغير

مقدمة :

يتم توليد معظم الطاقة الكهربائية في العالم باستخدام مولدات التيار المتغير وكما نعلم أنها مبنية على نظرية فاراداي - ويلزم لتوليد الطاقة الكهربائية إلى ثلاثة عوامل رئيسية لا بد منها كأساس في المولدات الكهربائية :

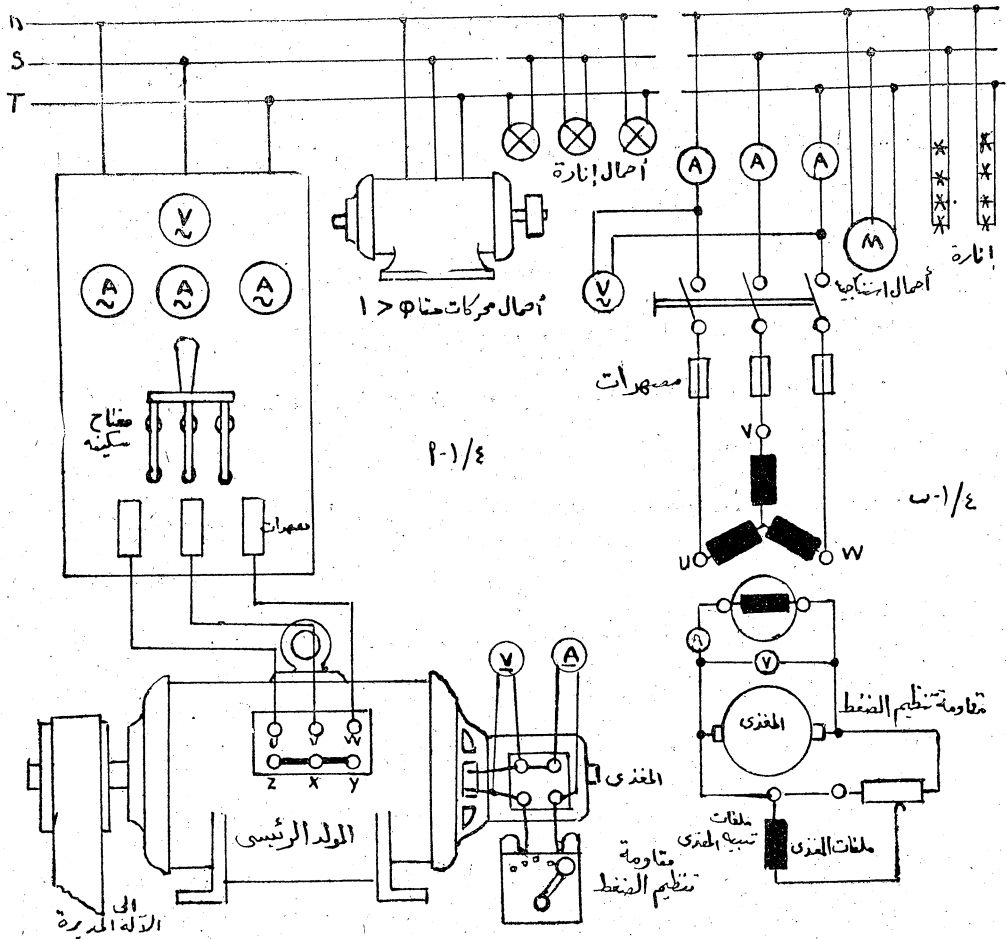
أولاً : الموصلات الكهربائية التي ينتج فيها الطاقة الكهربائية - ولذلك تسمى بعضو الاستنتاج - وكما علمنا في مولدات التيار المستمر يكون المنتج حامل الموصلات هو العضو الدائر كذلك وبالأخص في مولدات القدرة الصغيرة - أما الغالب في مولدات التيار المتغير أن يكون المنتج هو العضو الثابت كما سيأتي شرحه بالتفصيل .

ثانياً : المجال المغناطيسي : وهو العضو الثاني الذي يتكون منه المولد. ولذلك هو مرتبط بالمنتج فعندما يكون المنتج هو العضو الدائر لا بد أن يكون المجال المغناطيسي ثابتاً حتى يتم القطع بينهما وهو الشرط الضروري اللازم لتوليد الطاقة الكهربائية ويمكن الحصول على المجال المغناطيسي باستخدام أقطاب مغناطيسية كهربائية ذات عدد زوجي وبالضرورة يلزم تغذية الأقطاب بتيار مستمر من ينبوع خارجي أو من مغذى يكون منفصلاً وفي معظم الأحيان يكون مرتبطاً بجسم المولد الرئيسي .

ثالثاً : حركة أحد العنصرين السابقين إما تحريك المجال المغناطيسي أو تحريك عضو الاستنتاج - وثبات الآخر ويلزم لذلك آلة مديرة إما آلة بخارية أو آلة احتراق داخلي أو تربينات بخارية أو مائية حسب الطاقة الموجودة التي يعتمد عليها في إدارة المولد .

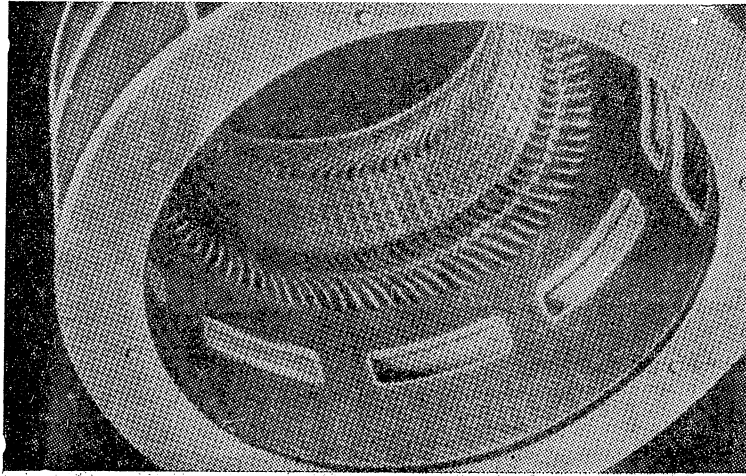
هذه العوامل الرئيسية هي التي حددت شكل وتكوين وتصميم المولد الكهربائي ونستطيع أن نجمل مواصفات المولد في النقاط الرئيسية الآتية :

- ١ - نوع التيار المتغير وجه واحد أم ثلاثة أوجه - ( ولا يستخدم في الحيساء العملية التيار ذو الوجهان ) - وهذا يتحكم في شكل الملفات التي يتكون منها المنتج .



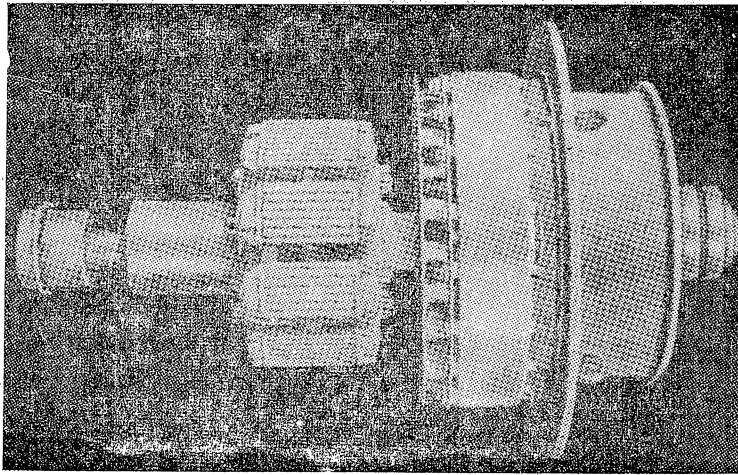
شكل ١ / ٤ مولد تيار متغير يتصل بلوحة توزيع ثم القضبان العمومية ليغذي أحبال خلفه ويدور مع المولد مقنن عبارة عن مولد تيار مستمر شكل ١ ت الدائرة النظرية للمولد والمقنن ولوحة التوزيع والقضبان ممتومة

- ٢ - حجم الطاقة المأخوذة من المولد - أي قدرة الآلة بالكيلوات - وكذلك



شكل ٤ / ١ - العضو الثابت لمولد ٢٥٠ كيلو فولت أمبير من النوع الرأس يدار بتزيين وسرعته ٦٠٠ لفة / دقيقة .

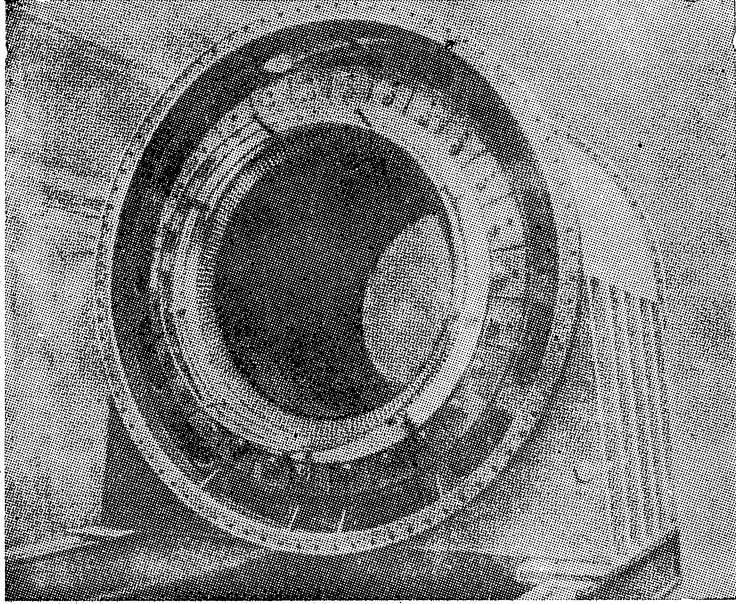
ضغط التوليد بالفولت ونستطيع أن نقسم المولدات إلى ثلاثة أنواع مولدات قدرات عالية أو متوسطة أو صغيرة وشكل ١ / ١ يبين مولد ذو قدرة صغيرة وبالنسبة لضغط



شكل ٤ / ١ - العضو الدائر لمولد ٢٥٠ ك . ف . من النوع الرأس يدار بتزيين وسرعته ٦٠٠ لفة / دقيقة

التوليد أما أن تكون مولدات ضغط منخفض أو مولدات ضغط عالي تصل إلى ٣٣٠٠٠ فولت . وهذا العنصر يدخل في صميم تكوين المولد .

٣- تردد التيار المولود - وكما سبق القول في الباب الأول أن التردد يرتبط بعدد أقطاب الآلة .

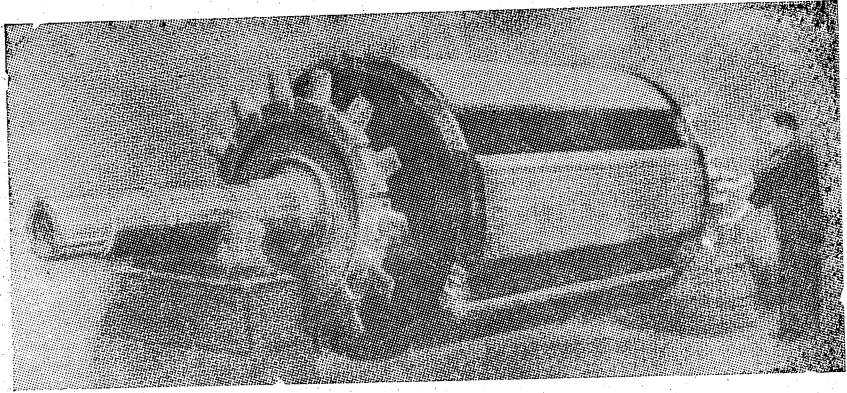


شكل ٤ / أ العضو الثابت مولد ٦٠٠٠٠ كيلو فولت أمبير من النوع الأفقى يدار  
٤- عدد أقطاب الآلة - ولا بد أن يكون عدداً زوجياً - فعند تردد ٥٠ ذبذبة/ث  
وأقل عدد للأقطاب هو إثنان أى تكون سرعة الآلة ٣٠٠٠ لفة فى الدقيقة .  
ويكون شكل الآلة ذات قطر صغير وطول محورى كبير وعندما تكون الآلة ذات  
أقطاب كثيرة فهذا يلزمنا بشيئين أن يكون قطر الآلة كبير حتى يسع فى محيطه العدد  
الكبير من الأقطاب وتصل بعض المولدات إلى ٣٠ قطب والشىء الثانى أن  
تكون سرعة الآلة المديرة ٢٠٠ لفة فى الدقيقة وهذا يأتى بنا إلى سرعة الآلة المديرة .

٥ - ويلزم إختيار سرعة الآلة المديرة لكى تناسب تكوين المولد و عدد  
أقطابه فى مولدات السرعة البطيئة تستخدم التربينات المائية وبالأخص ذات طاقة  
المنخفضة كما فى السدود - أما عندما تكون المولدات ذات سرعة عالية فتستخدم



لذلك التربينات البخارية - وبالتالي نلتزم في هذه الحالة باختيار نوع معين من الآلات التي تدير المولد . هذه الاعتبارات ومفاهيم أخرى غيرها هي التي تحدد شكل المولد وحجمه ونوعه وموصفاته كما سيأتى الشرح بالتفصيل - والأشكال ١ / ٤ ، ١ ، ب ، ح ، د ، هـ ، تمطى فكرة عامة عن إستخدام وتوصيل المولد الكهربائى للتيار المتغير وكذلك أنواعه من حيث السرعة ونظام الدوران به .



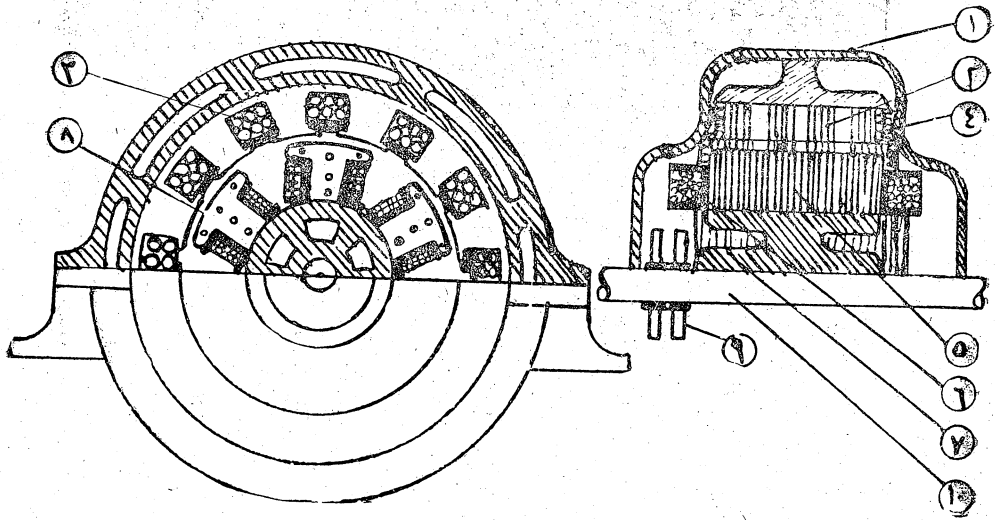
شكل ١ / ٤ المضا الدائر لمولد ٦٠٠٠٠ كيلو فولت أمبير من النوع الأفقى بدار بترين بخارى وسرعته ١٠٠٠ لفة / دقيقة ( ستة أقطاب ) .

## ٢٤ وصف اعمالى لمولدات التيار المتغير:

نظراً لأنه فى مولدات التيار المتغير نحصل فى الدائرة الخارجية على ق.س.لج . المتغيرة كما هي - فإنه لايلزم استعمال الموحد كما فى مولدات التيار المستمر . وإنما يكتفى بتوصيل أطراف الموصلات إلى حلقات الإنزلاق slip Rings ويجمع التيار بواسطة فرش مثبتة ومتصلة بالدائرة الخارجية للمولد - ونظراً لعدم استعمال جهاز التوحيد فى مولدات التيار المتغير فقد وجد أنه ليس من الضروري أن يكون عضو الإستنتاج هو العضو الدائر وأنه من المستحسن أن يكون هذا العضو ثابتاً - ويسمى بالعضو الثابت Stator - بينما تدور الأقطاب ويطلق عليها اسم العضو الدائر Rotor فى حالة إستعمال عضو الإستنتاج الثابت - ( م ١٥ - السكربائية )

يوصل التيار المستمر اللازم لتنذية الأقطاب عن طريق حلقتى الإنزلاق وتصنع  
أغلبية مولدات التيار المتغير بهذه الطريقة كما هو مبين فى شكل ( ٢ )

وخصوصاً المولدات ذات القدرة الكبيرة والضغط العالى - ويرجع تفضيل  
مولدات التيار المتغير ذات المنتج الثابت عن المولدات ذات المنتج المتحرك  
للاسباب الآتية :



شكل ٢ / ٤ نصف قطاع فى مولد تيار متغير

- |                                     |                     |
|-------------------------------------|---------------------|
| ١ — هيكل المولد                     | ٦ — ملفات الأقطاب   |
| ٢ — صفائح العضو الثابت ( المنتج )   | ٧ — حامل الأقطاب    |
| ٣ — مجارى العضو الثابت وبها الملفات | ٨ — الثغرة الهوائية |
| ٤ — ملفات العضو الثابت ( المنتج )   | ٩ — حلقات الإنزلاق  |
| ٥ — الأقطاب ( العضو الدائر )        | ١٠ — عمود الإدارة   |

### مزايا مولدات التيار المتغير ذات المنتج الثابت :

( ١ ) فى حالة تثبيت عضو الإستنتاج - نوصّل نهايات عضو الإستنتاج مباشرة  
بالدائرة الخارجية - دون الحاجة إلى حلقات الإنزلاق أو الفرش - وبذلك  
تصمم المولدات لتعطى تيارات كبيرة قد تبلغ إلى آلاف الأمبيرات دون أن تعترض

طريقها فقط توصيل ضعيفة بين الجزء المتحرك والثابت — أما تيار تغذية الاقطاب فيكون صغيراً نسبياً وبذلك يكون من السهل نقله خلال الفرش وحلقات الإنزلاق.

إذا أخذنا مثلاً مولد ثلاثة أوجه خرجته ٢٢.٠٠٠ كيلو فونت أمبير — وضغطه ١١.٠٠٠ فولت — فإن تيار الخط عقد الحل الكامل يكون ١٠٠٠ أمبير أما تيار التغذية الذي يغذى الأقطاب حوالى ٣٠٠ أمبير عند ضغط ٤٠٠ فولت فواضح أنه من السهل نقل تيار التغذية (التغذية) عن طريق حلقات الإنزلاق والفرش — أما خرج المولد فيوصل مباشرة منه الى الدائرة الخارجية عن طريق توصيلات ثابتة في نهايات عضو الإستنتاج الثابت ..

(٢) نظراً لكبر الحيز الذى يمكن أن تشغله ملفات عضو الإستنتاج الثابت — فإنه يكون من الممكن إستعمال كميات أكبر من المواد العازلة للمواصلات فيمكن بذلك تثبيت هذه المواصلات — وعزلها جيداً مما يجعل في الإمكان توليد ضغوط عالية في المنتج قد تصل إلى ٣٠.٠٠٠ فولت أو أكثر .

(٣) يمكن من الوجهة الميكانيكية تثبيت وربط ملفات المنتج بطريقة متينة كما أن عزلها كما سبق القول أفضل — وبذلك لا تتعرض الملفات والمادة العازلة للتدخل من تأثير القوة المركزية الطاردة والاهتزازات الميكانيكية .

(٤) قوة الشد على الأسلاك نتيجة مرور التيار الكهربائى والكثافة المغناطيسية لو دار المنتج تتضاعف وتصبح قوة الشد أكبر بكثير مما لو كان عضو الإستنتاج هو الثابت .

(٥) بهذه الطريقة يمكن أيضاً إستعمال عضو تغذية أسطوانى ذو اقطاب غير بارزة — وبذلك يمكن إدارة المولد بالسرعات العالية كما في حالة الإدارة بالترينبات البخارية — ويمكن أن نحصل نتيجة لذلك على قدرات عالية .

نقط المخرج الرئيسية بين مولدات التيار المتغير ومولدات التيار المستمر :

( ١ ) مولدات التيار المتغير لا تحتاج إلى عضو توحيد بل يوصل التيار المتغير المتولد في المنتج مباشرة بالدائرة الخارجية — إما عن طريق حلقات إنزلاق إذا كان المنتج هو العضو الدائر — وإما عن طريق توصيلات ثابتة إلى كبلات توصيل إذا كان المنتج هو الثابت .

( ٢ ) في مولد التيار المستمر يتحتم أن يكون عضو الإستفزاز هو العضو الدائر — غير أنه في معظم مولدات التيار المتغير يكون عضو الإستفزاز هو العضو الثابت .

( ٣ ) في مولدات التيار المستمر تستمد الأقطاب التيار اللازم لها ( تيار التنبيه ) من الآلة نفسها وتسمى بالتغذية النفسية Self excitation ونظراً لأنه يلزم تغذية الأقطاب بتيار مستمر لإنشاء تدفق ثابت — فإن أقطاب مولد التيار المتغير يجب أن توصل إلى ينبوع تيار مستمر . وفي أغلب الأحيان يركب على عامود الآلة مولد صغير للتيار المستمر يكفي لمد الأقطاب بالتيار اللازم ، عن طريق حلقتي إنزلاق في حالة المنتج الثابت وعضو التنبيه الدائر — ويسمى التيار المستمر هذا بمغذى الأقطاب Exciter .

( ٤ ) لا يختلف كثيراً تصميم مولدات التيار المستمر باختلاف السرعة — أما في مولدات التيار المتغير فإنه يختلف تصميمها وإنشاؤها إلى حد كبير باختلاف السرعة التي يدار بها المولد .

٥ أنواع مولدات التيار المتغير من حيث السرعة :

سبق من دراستنا أن هناك علاقة تربط عدد الترددات وعدد الأقطاب والسرعة

في مولدات التيار المتغير ومنها 
$$\frac{Q}{P} \times \frac{N}{60}$$
 ذبذبة/ثانية ومن ذلك يتضح

أن التردد يتوقف على عدد الأقطاب والسرعة — وإذا حددت السرعة والتردد لمولد تيار متغير — فإن عدد أقطابه تبعاً لذلك تعرف — فمثلاً إذا كان التردد — ٥٠ ذبذبة / ثانية — فإن السرعة التي يجب أن يدار بها مولد ذو قطبين هي ٣٠٠٠ لفة / دقيقة — وإذا كان المولد ذو أربعة أقطاب فإن سرعته يجب أن تكون ١٥٠٠ لفة / دقيقة حتى نحصل على التردد المطلوب ولا يمكن بأي حال من الأحوال عمل مولد تيار متغير يدور بسرعة متوسطة بين هاتين سرعتين ويكون تردده ٥٠ ذبذبة / ثانية . وإذا كانت السرعة المدار بها المولد صغيرة يلزم أن يكون عدد الأقطاب كبيراً عند ثبات التردد وعلى العكس إذا كانت السرعة عالية فإن عدد الأقطاب يكون صغيراً . وتنقسم في هذه الحالة مولدات التيار المتغير إلى قسمين :

( أ ) مولدات السرعة البطيئة . ( ب ) مولدات السرعة العالية .

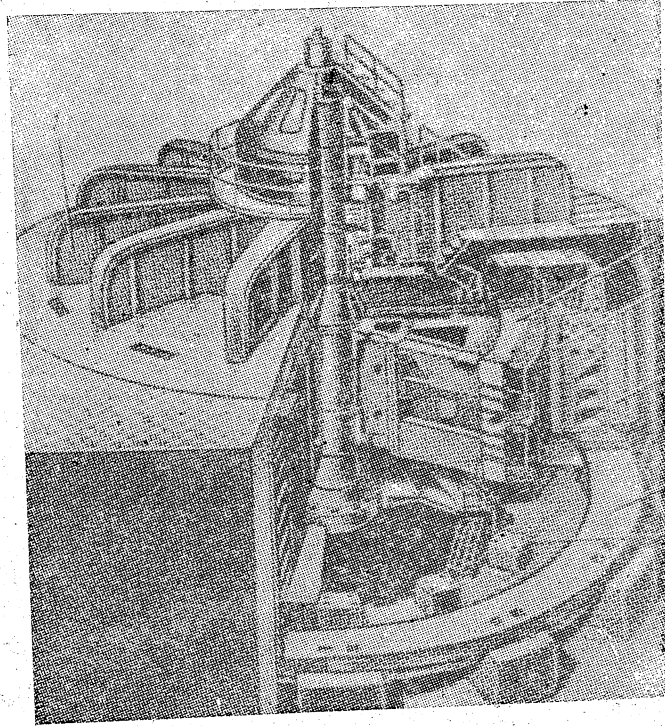
#### مولدات السرعة البطيئة :

تدار هذه المولدات عادة بآلة بخارية أو ديزل أو ترين ماء — ويكون عدد الأقطاب في هذه المولدات كبيراً حوالى ٣٠ قطب مثلاً — وفي المعتاد تكون هذه الأقطاب هي العضو الدائر كما سبق القول — وتكون مثبتة على سطح أسطوانه مجوفة بها أعصاب متعددة كما في شكل ١٣ / ٤ وتركب هذه الأسطوانه على محور الآلة وتسمى بحامل الأقطاب — ونظراً لكبر حامل الأقطاب والطول المحورى له يكون صغيراً — وموزعا على حافة العضو الدائر مما يجعل هذا العضو يقوم بعمل الحدافه من حيث تنظيم السرعة ولذلك يمكن في بعض الأحيان الاستغناء عن حدافه الماكينة التي تدير المولد ويكتفى عنها بالعضو الدائر .

#### مولدات السرعة العالية :

تدار هذه المولدات بواسطة تربينات مائية ذات سرعة عالية أو تربينات بخارية وتكون في هذه الحالة السرعة حوالى ٣٠٠٠ لفة / دقيقة — ونظراً لهذه السرعة العالية فإن عدد الأقطاب اللازمة لإنشاء التردد المعتاد يكون صغيراً — وفي الغالب

يكفى أن يكون للمولد قطبين اثنين فقط أو أربعة أقطاب على الأكثر وبذلك تختلف المولدات ذات السرعة العالية عن المولدات ذات السرعة البطيئة إختلافاً كبيراً في الحجم والت تركيب . فنظراً لقلة عدد الأقطاب يكون القطر صغير في مولدات السرعة العالية ويترتب على ذلك أن يكون الطول المحورى للمولد كبيراً — وعلى العموم يكون حجم هذه المولدات صغيراً بالنسبة إلى حجم مولدات السرعة البطيئة

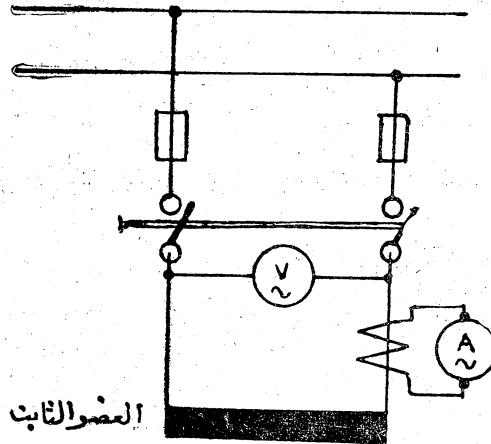


شكل ٣/٤ قطاع في مولد من النوع الرأس يدوير مائي ( كما في السد العالي بأسوان )  
والأجزاء من أعلى إلى أسفل : —

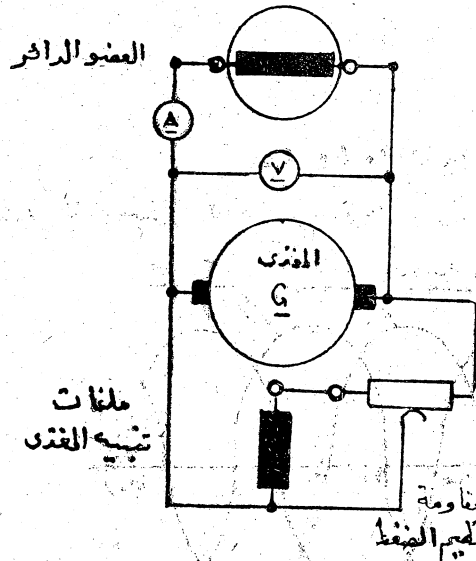
- |                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| ١ — الوجه العلوى للمولد   | ٤ — فتحات التهوية               |
| ٢ — العضو الثابت والملفات | ٥ — فرش المولد ( القاعدة )      |
| ٣ — العضو الدائر          | ٦ — السطح العلوى للتربين المائي |

والمساوية لها في القدرة . ونظراً لأن درجة حرارة مولدات السرعة العالية قد ترتفع إرتفاعاً ملحوظاً بسبب الحرارة الناشئة عن المفاقيد داخل المولد وبسبب هذه السرعة

المرتفعة — فإن معظم هذه المولدات يلزم تدبيرها حتى لا تتلف الحرارة المواد العازلة المستعملة ويتم التبريد بواسطة إمرار الهواء البارد تحت ضغط مناسب داخل المولد — وفي هذه الحالة يكون الغلاف الخارجى للمولد مقفلاً وفي بعض المولدات الحديثة ذات القدرات العالية يستعمل للتبريد غاز آخر غير الهواء تكون خاصيته للتبريد أكثر من الهواء مثل غاز الإيدرجين .



وفي حالة المولدات التي تدار بالترينينات المائية كما في السد العالي تكون هذه التربينات مركبة في وضع افقى بحيث يكون محورها رأسياً — وتصمم مثل هذه المولدات بحيث تكون صالحة للعمل في هذا الوضع شكل (٣/٤)

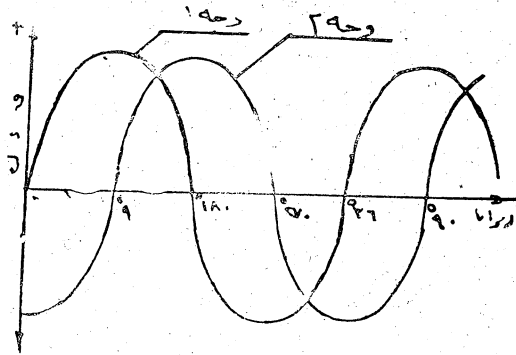


وشكل ٤/٤ يبين الدائرة الكهربائية لمولد تيار متغير وجه واحد عضوه الثابت متصل بالقضبان الرئيسية وعضوه الدائر متصل بمغذى عبارة عن مولد تيار مستمر من نوع التوازي يدار مع المولد الرئيسى ومثبت على نفس المحور لهذا المولد .

شكل ٤/٤ الدائرة الكهربائية لمولد تيار متغير وجه واحد متصل به مغذى (عبارة عن مولد تيار مستمر توازى) ليفذى الأقطاب (العضو الدائر) للمولد الرئيسى .

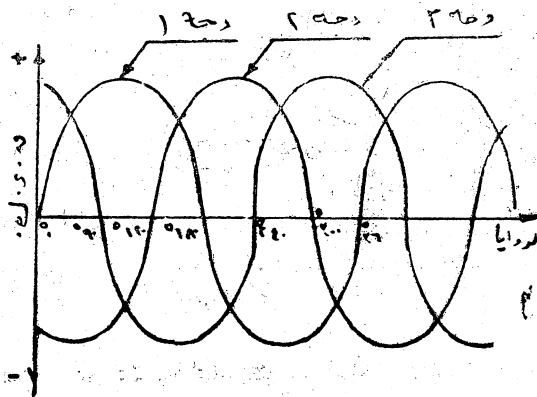
### ٨٤ مولدات التيار المتغير واهم والمتعددة الأوجه :

عندما يكون العضو الثابت في مولد التيار المتغير محتويا على دائرة كهربائية واحدة فإن التيار الخارج منه يكون ذو موجه واحدة — أما إذا كانت الآلة تحتوى على دائرتين كهربائيتين ( ملفين ) تتعامد أحدهما مع الأخرى — فإن موجتيهما لا تنطبقا على بعضهما بل يكون بينهما زاوية مقدارها  $90^\circ$  كما بالشكل ٥/٤ - أ .  
ويقال أن تيار هذه الآلة ذو وجهين أى موجبتين الزاوية بينهما  $90^\circ$  كهربائية كذلك وإذا كانت الآلة تحتوى على ثلاثة دوائر كهربائية وكانت الزاوية بين كل موجتين متقابلتين تساوى  $\frac{360}{3} = 120^\circ$  فإنه يقال أن تيار هذه الآلة ذو ثلاثة



شكل ٥ / ٤ أ تيار متغير وجهين

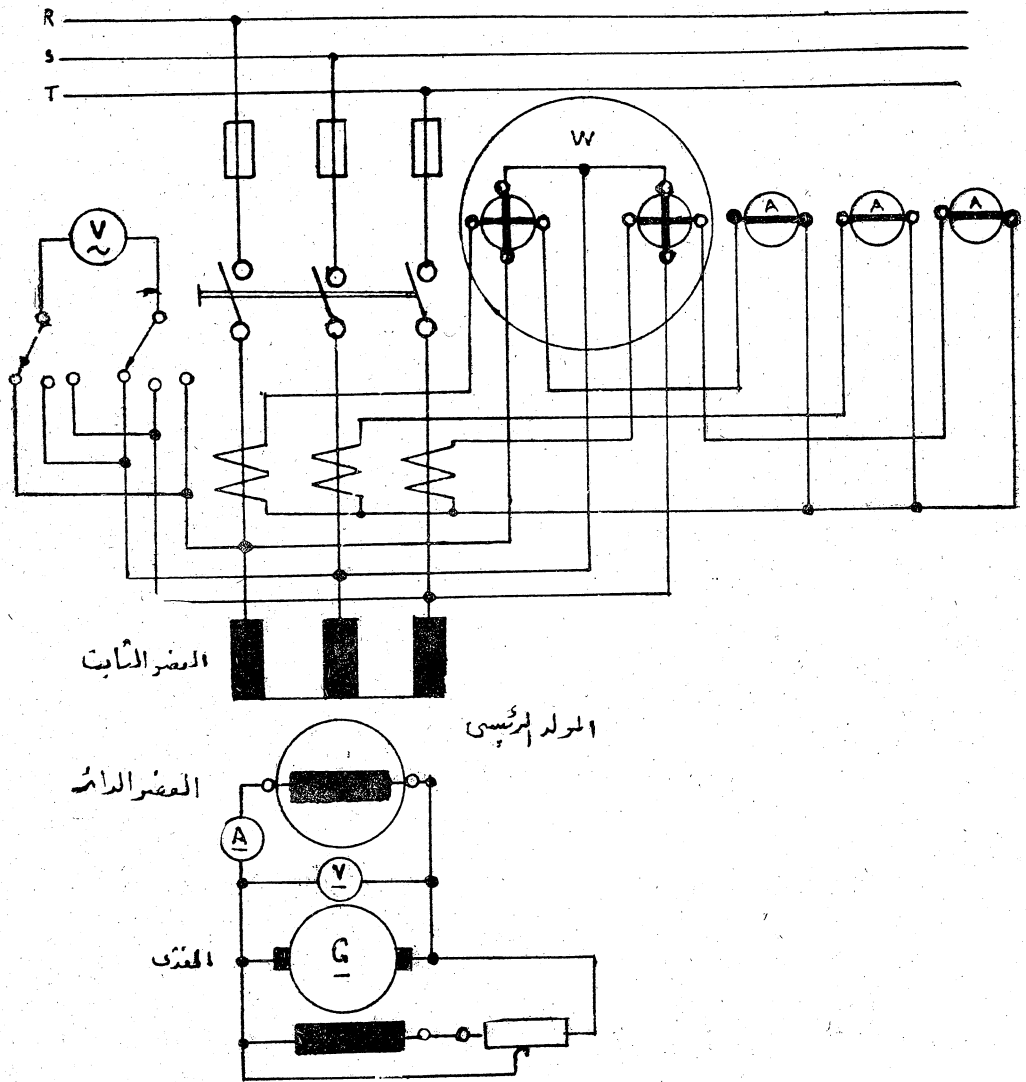
أوجه كما في شكل ٥/٤ ب فعدد أوجه التيار للآلة هو عبارة عن عدد موجاتها -



شكل ٥ / ٤ ب تيار متغير ثلاثة أوجه



وتسكون الزاوية بين كل وجهين متتاليين  $= 360^\circ$  على عدد الأقسام التي تمثل الموجات للدائرة الكهربائية ويمكن تمثيل أوجه التيار بمرافق الكرنسكات -



شكل ٤ / ٦ مولد تيار متغير ضغط منخفض ثلاثة أوجه ومتصل معه مقفلي (مولد تيار مستمر توازي) لتغذية أقطابه ومتصل به أجهزة مقياس التيار والقدرة وجهاز قياس الضغط لقياس ضغط كل خط باستخدام مفتاح ناخب

فالتيار ذو الوجه الواحد يشابه آلة ذات مرفق واحد - والتيار ذو الثلاثة أوجه يشابه آلة ذات ثلاثة مرفقين وهكذا .

وبما أنه في حالة الآلات الحرارية تكون قدرة الآلة ذات الاسطوانتين (مرفقين) أكبر من قدرة الآلة ذات المرفق الواحد - وقدرة الآلة ذات الثلاثة مرفقين تكون أكبر من قدرة الآلة ذات المرفقين وهكذا - فإنه بالمثل في حالة التيار المتعدد الأوجه فالآلة ذات الوجهين تكون قدرتها أكبر من قدرة الآلة ذات الوجه الواحد - وهكذا تكون الآلة ذات الثلاثة أوجه قدرتها أكبر من قدرة الآلة ذات الوجهين وهكذا .

وتوجد مميزات أخرى لعدد أوجه التيار تختص بتشغيل المحركات والمولدات ونقل القدرة . والرسم ٦/٤ يبين مولد تيار متغير ٣ أوجه ومعه المغذى الخاص به وهو عبارة عن مولد توازي تيار مستمر ومتصل به أجهزة القياس المختلفة للضغط والتيار والقدرة مع بيان طريقة توصيل محولات التيار بأجهزة القياس ويلاحظ أن الفولتметр يتصل بفتح ناخب ليتمكن بواسطة قياس الضغط لكل وجه من أوجه التيار .

### تركيب مولدات التيار المتغير

#### ٩٤ أولاً : العضو الثابت

يتركب العضو الثابت من الأجزاء الآتية :

( أ ) الهيكل ( ب ) الصفائح الحديدية ( ج ) الملفات

٩٤ ر ١ - الهيكل

وفائدته حمل صفائح العضو الثابت وما عليها من ملفات - وليس له أي فائدة في الدائرة المغناطيسية كما هو الحال في مولدات التيار المستمر .

ويصنع الهيكل من الصلب المسبوك من قطعة واحدة أو قطعتين ثم تربط مع بعضها بواسطة مسامير .

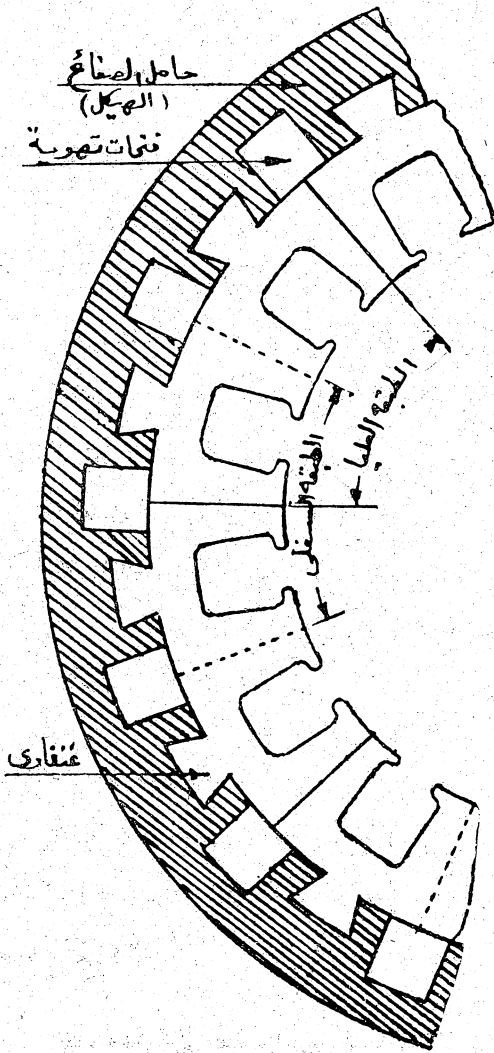
والشكل ٧/٤ يبين قطاع في هيكل عضو ثابت مبين به كيفية التركيب وتثبيت الصفائح مع بعضها ومع الهيكل — أما الفتحات المبيّنة فهي فتحات التهوية ويجب ألا يكون عددها كبيراً حتى لا تضعف متانة الهيكل ويتأثر بالقوة المركزية الطاردة ويدخل الهواء من فتحات التهوية الموجودة بين الصفائح ويخرج من فتحات الهيكل الخارجية وفي المولدات ذات القدرة الكبيرة والسرعة العالية فيكون التبريد فيها بواسطة تيار هوائى — ولوقاية أطراف الملفات خصوصاً في حالات الضغط العالي تصنع دروع من الصلب كل منها تتكون من قطعتين وتكون على هيئة حلقات دائرية تثبت حول الهيكل من الجانبين .

#### ٤٩٩ ب - الصفائح الحديدية :-

تصنع من صفائح صلب المحولات على شكل أقراص معزولة عن بعضها مكونة اسطوانة مجوفة بسطحها الداخلى عدة مجارى موازية لمحور الإدارة - ليوضع بها الأسلاك العدة لتوليد القوة الدافعة الكهربائية بها -- والسمك الشائع لهذه الصفائح هو ٠.٣٥ مم . ( أى ١.٤ مم من البوصه ) .

وتقطع هذه الأقراص بواسطة الاسطوانات - ففي حالة الأقراص التي لا يزيد قطرها الخارجى عن ٣٠ سم يكون القرص قطعة واحدة - أما ما يزيد قطرها عن ذلك فيصنع القرص الواحد من جملة قطع كما يتضح بالرسم شكل ٧/٤ ويلاحظ في هذه الحالة أن تكون القطع بحيث يندهى طرفى كل قطعه بنصفى مجرى - كما أن عدد القطع اللازمه لتكوين القرص متوقف على عدد المجرى .

ويختلف شكل المجرى فمنها ما هو مفتوح كما في شكل ٨/٤ - أو



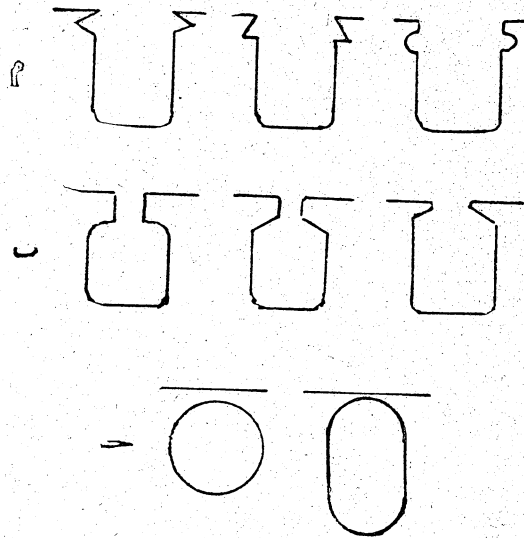
شكل ٤ / ٧ طريقة تثبيت صفايح العضو الثابت مع حاملها (الهيكيل) في مولد ذو قطر كبير.

الثابت والشكل ٤ / ٩ يبين قطاع لمولد تيار متغير متوسط القدرة.

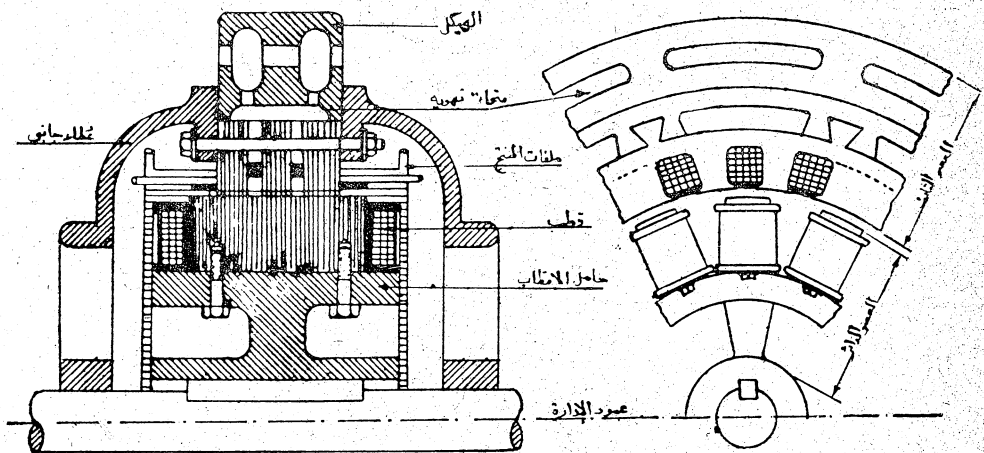
وفي هذا النوع يمكن عمل الملفات وعزلها ثم وضعها في المجارى وتثبيتها بواسطة خوابير من الخشب أو الفبر لفعل المجارى - وفي هذه الحالة يكون العمل سهلا وسريعا - اما اذا كانت المجارى من النوع شبه المقفلة كما في شكل ٤ / ٨ - ب فإنه يجب وضع الملفات بالمجرى موصل فوصل وذلك بأسرارها في الفتحات الضيقة - وهذا العمل يحتاج إلى دقة حتى لا يتلف العازل الموجود على الموصلات - ويمتاز هذا النوع بسهولة إمراره للخطوط المغناطيسية ويوجد نوع ثالث من المجارى مقفلة شكل ٤ / ٨ - ح وتكون الموصلات بها عبارة عن قضبان تمرر من الجانبين وتلحم بعد ذلك أطرافها عند جانبي العضو

## ٢٩٢ عملية تجهيز الاقراص وعزلها :-

عند قطع الاقراص وفتح الاستناب بها تزداد صلابه المعدن فيسبب زيادة



٨ / ٤ أنواع المجارى أ - مجارى مفتوحة ب - مجارى نصف مفتوحة ج - مجارى مغلقة

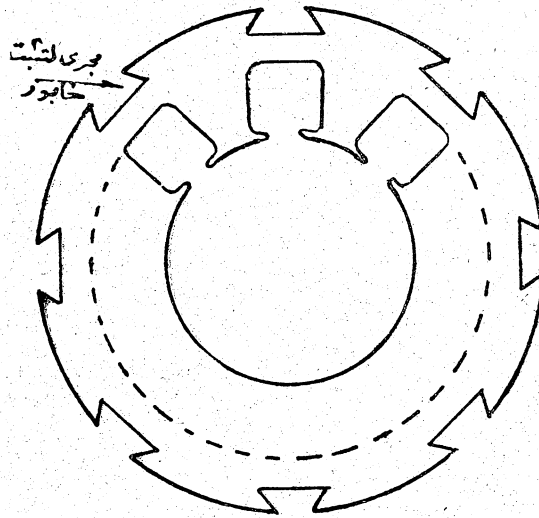


جزء من المسقط الجانبي قطاع في نصف المسقط الرأس بعد رفع الغطاء  
شكل ٨ / ٤ قطاع في مولد تيار متغير سرعة بطيء عدد الأقطاب به ١٦ قطب

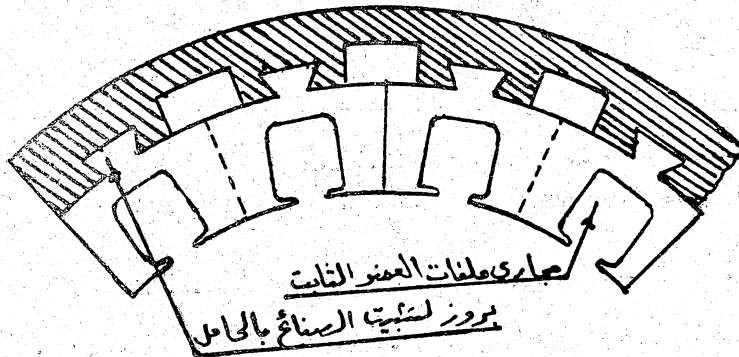
المفقود من القدرة المغناطيسية بالاقراص بالنسبة للقصور المغناطيسي - لذلك يجب  
تخمير الاقراص بعد تشكيلها - ثم عزلها لمنع التيارات الإعصارية - كما سبق  
والعزل المستعمل هو الورنيش أو الورق .

## ٣٩٤ تركيب الأقراص :-

في حالة ما يكون كل قرص عبارة عن قطعة واحدة فإن هذه الأقراص تثبت بداخل الغلاف بواسطة خواير لتمنع دورانها - كما يثبت شبرين أى وجهين في النهايتين بواسطة الخواير أيضاً لمنع حركة العضو الثابت في اتجاه محوره كما في شكل ١٠/٤ أما اذا كان القرص يتركب من عدة قطع فالطرق لتركيبها الشائعة



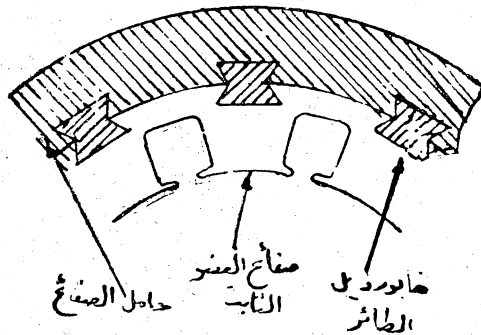
شكل ١٠ / ٤ نظام تشكيل وتثبيت صفائح العضو الثابت للأقطار الصغيره  
هي المبينة بالرسم ففي شكل ١١ / ٤ نجد أن كل قطعه تحتوى على بروز يشبه ذيل



شكل ١١ / ٤ طريقة تثبيت صفائح العضو الثابت بمحاملها في المولدات الكبيرة

الطائر ويدخل هذا البروز في مجارى معدة لهما في الغلاف الخارجى للعضو الثابت. ويحفظ العضو الثابت من التحرك في اتجاه محورة بواسطة الشنبرين الذين يربطان بالمسامير في الغلاف كما يتضح بالرسم ويجب أن يكون تركيب هذه القطع بحيث أن خطوط الإنصال لها في إحدى الطبقات يقع على منتصف القطعة في الطبقة التي تليها .

والشكل ١٢/٤ يبين طريقة أخرى لتثبيت الاقراص بالغلاف بواسطة الخابور



شكل ١٢/٤ طريقة تثبيت صفائح العضو الثابت مع الحامل بواسطة خابور ذيل الطائر

المسمى بذيل الطائر - وفي هذه الحالة تفتح مجارى بكل من السطح الخارجى للاقراص والسطح الداخلى للغلاف - وهذه الطريقة تحتاج إلى معدن أقل مما تحتاج إليه الطريقة الأولى ذات البروز .

#### ٤٩٤ مهوية العضو الثابت :-

عند تركيب العضو الثابت في الغلاف يترك بين كل عدد من الاقراص مسافة مناسبة تسمح بمرور الهواء بين الاقراص فتساعد على تبريدها ويوضع في هذه المسافات ورد ذات حجم مناسب لتحفظ الضغط على الاقراص خصوصا الاسنان مع حفظ الفراغ المطلوب لمرور الهواء وقد تكون هذه الورد ذات قطع منشورية يارزه في اتجاه أنصاف أقطارها فتضغط هذه القطع على الاسنان وتحفظها من الوقوع .

#### ٤٩٥ الملفات :-

تضع الملفات إما من قضبان نحاسية إذا كان تيار الاله كبيرا او أسلاك تلف

من جملة لفات معاً ثم تعزل ويوضع كل جانب ملف منه في مجرى - وذلك إذا كان كان ضغط المولد كبيراً - ويمكن استعمال القضبان . في حالة ما إذا كانت المجرى تحتوى على عدد قليل من اللفات ثم تلحم الاطراف مع بعضها بالقصدير أو بواسطة ربطهما مع بعضهما بقطع معدنية ثم لحامهما .

#### ١٠٤ ثانياً : العضو الدائر :

يمكن تقسيم العضو الدائر إلى نوعين رئيسيين من حيث التركيب :

( ١ ) العضو الدائر ذو الاقطاب البارزة وهو يستعمل في مولدات السرعة البطيئة .

( ٢ ) العضو الدائر ذو الاقطاب الغير يارزه وهو يستعمل في مولدات السرعة العالية .

وفي معظم المولدات تدور الاقطاب بينما العضو الثابت يكون المتحج - وعند تصميم العضو الدائر فإن السرعة لها دخل كبير في شكل الاقطاب - ويتراوح عدد الاقطاب بين ٢ - ٦٤ قطب وذلك حسب سرعة المولد .

وقد أمكن في الوقت الحاضر صنع مولدات ذات سرعة عالية تحتوى على أربعة أقطاب أو قطبين - وهذه المولدات كما سبق القول تدار بواسطة تربينات بخارية - وقد أمكن عمل مولدات لتعطينا ٢٠٠٠٠ كيلو فولت امبير .

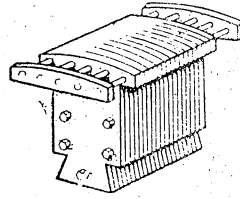
وعموماً تركب الاقطاب البارزة على حامل دائرى مسبوكة من الصلب . وتثبت الاقطاب أما بواسطة مسامير أو بواسطة خوابير كالسابق شرحها .

والشكل ١٣/٤ ا يبين المنظر العام للعضو الدائر ذو الأقطاب البارزة

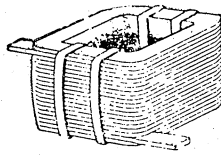
والشكل ١٣/٤ ب يبين أحد هذه الأقطاب البارزة ويوجد به بروز من أسفل يسمى غنفاً زى لتثبيت القطب بحامل الأقطاب - والشكل ١٣/٤ ح يبين أحد



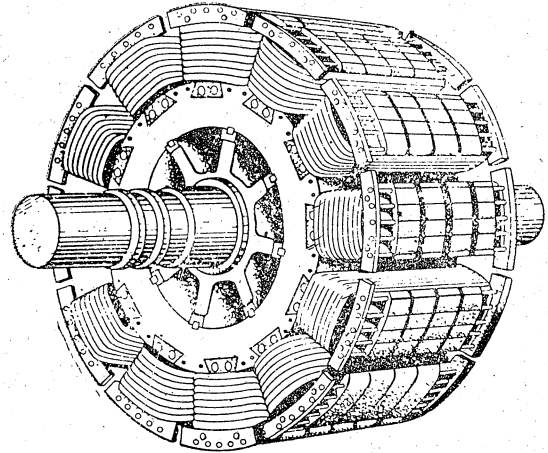
ملفات الأقطاب ويلاف على فرمة بحجم القطب ثم يعزل ويركب حول القطب ثم



ب ١٣ / ٤



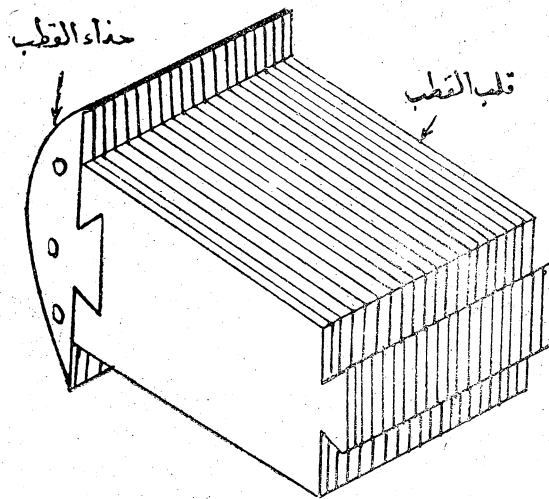
ح ١٣ / ٤



شكل ١٣ / ٤ منظر عام عضو دائر ذو أقطاب بارزة

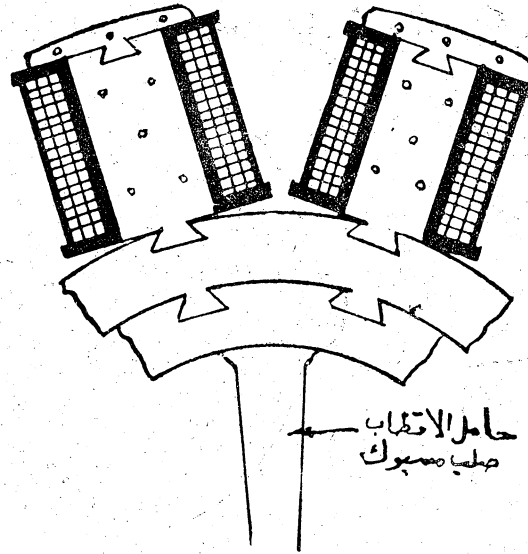
شكل ١٣ / ٤ ب أحد الأقطاب البارزة

شكل ١٣ / ٤ ح أحد ملفات الأقطاب

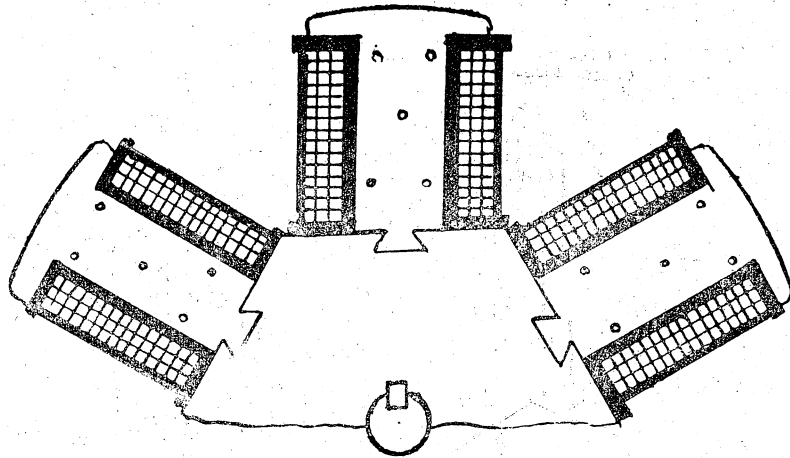


شكل ١٣ / ٤ د قطب بارز ذو حذاء فنفا

يثبت القطب بدوره على حامل الأقطاب والشكل ١٣ / ٤ د نوع آخر من الأقطاب البارزة - أما الأشكال ١٤ / ٤، ١٥ / ٤ على الترتيب فتبين الأنواع المختلفة للأقطاب البارزة والطرق المختلفة التثبيت الأقطاب في الأنواع الصغرى الحجم والكبيرة -

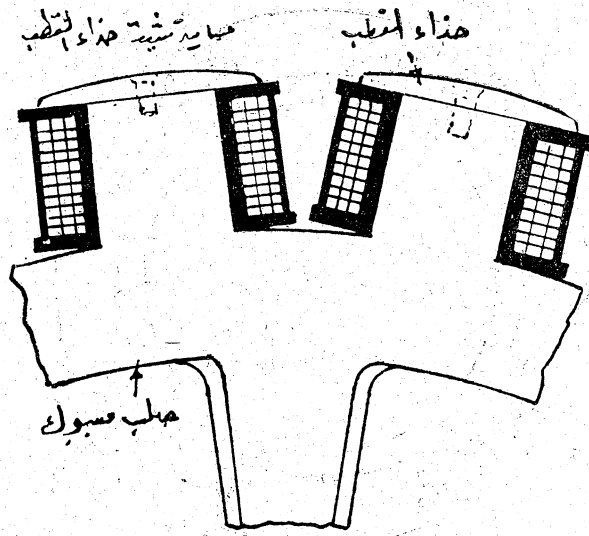


شكل ٤ / ١٤ أقطاب بارزة مثبتة على حامل قطعة واحدة



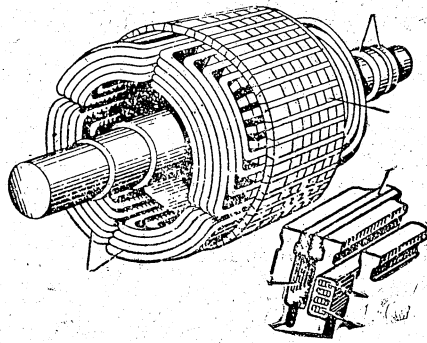
شكل ٤ / ١٥ أقطاب بارزة مثبتة على حامل سداس

وفي شكل ٤ / ١٦ يبين عضو دائر قطعة واحدة وفي هذا النوع تكون جودة المولد صغيره كما أنه في حالة المولدات التي تدور بسرعة عالية بواسطة تربنيات بخارية لا تكون أقطاب بارزة في العضو الدائر لصغر قطره ويصنع العضو الدائر من النوع الاسطوانى المشابه لعضو الاستنتاج لالات التيار المستمر - ولكن المجارى



شكل ١٦ / ٤ عضو دائر ذو أقطاب بارزة .

لا تكون على جميع سطح الاسطوانة بل تكون في بعض اجزاؤها فقط على حسب عدد الاقطاب المراد تكوينها كما في شكل ١٧ / ٤ ، ب وهو يبين عضو تبنيه من هذا النوع يحتوى على أربعة حلقتى انزلاق

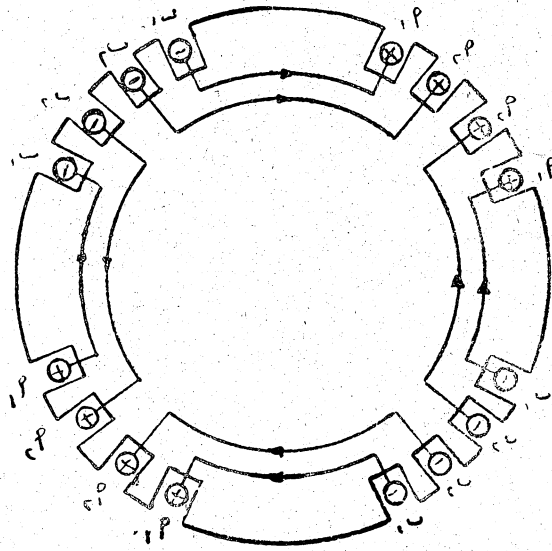


شكل ١٧ / ٤ منظر عام لعضو دائر ذو أقطاب غير بارزة .

الموصلات في أى مجموعة من المجارى  
متصلة مع النصف الاخر للموصلات في المجموعة التى تليها أى أ متصل مع ب ،  
أ متصل مع ب

١١ ر ٤ تغذية الاقطاب :-

تغذى أقطاب مولدات التيار المتغير بتيار مستمر ليككون المجال المغناطيس



شكل ١٧/ ٤ ب عضو دائر ذو أقطاب غير بارزة ( قطعه واحده ) ونظام الملفات به.  
 الناشئ منها مجالا ثابتا - ولما كانت هذه المولدات توليد تيارا متغيرا في عضو  
 استنتاجها لذلك لا يصلح تيارها لتغذية الأقطاب ولهذا السبب استخدمت عدة  
 طرق لهذا الغرض وهي : -

- ( ١ ) مولدات ذات تغذية خارجية .
- ( ٢ ) مولدات ذات تغذية نفسية .
- ( ٣ ) مولدات تغذية مركبة .

#### ١١٤ اارة التغذية الخارجية :-

وتسمى بالتغذية المستقلة وفيها تغذى الأقطاب من مولد تيار مستمر مستقل  
 يدار بواسطة سير أو يركب على محور المولد المتغير الرئيسى - وهذا النوع المستعمل  
 بكثرة - وكذلك يمكن الحصول على التيار المستمر اللازم للتغذية المستقلة من أى  
 ينبوع تيار مستمر أو ينبوع تيار متغير بعد توقيده بإحدى طرق التوحيد .

#### ١١٥ اارة التغذية النفسية :-

يمكن استعمالها إذا كان المولد من النوع ذو عضو الاستنتاج الدائر وفي  
 هذه الحالة يمكن تغذية ملفات الأقطاب من ملفات عضو الاستنتاج أو ملفات

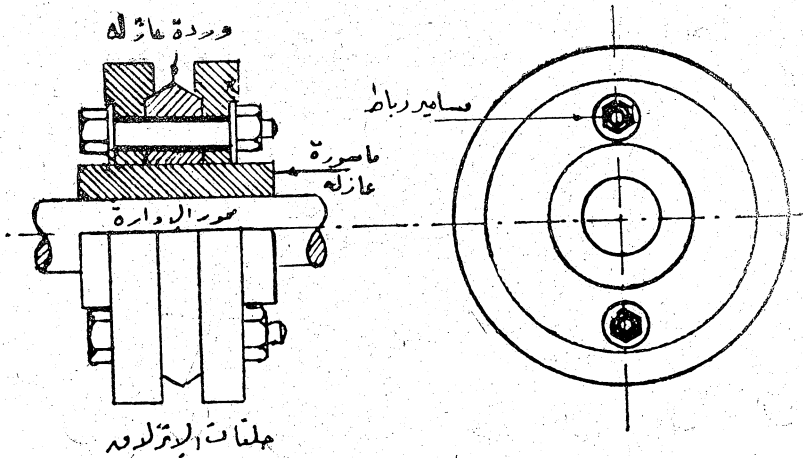
مستقلة عنه ثم يوحد تيارها بواسطة عضو توحيد - كما في حالة مولدات التيار المستمر - وتستعمل هذه الطريقة في المولدات الصغيرة المستعملة في الإنارة وشكل ١٨/٤ يبين قطاع في مولد من هذا النوع قدرته ٢٠ كيلو فولت أمبير ثلاثة أوجه ذو تغذية نفسية.

١٨٣٤ المقربة المركبة : -

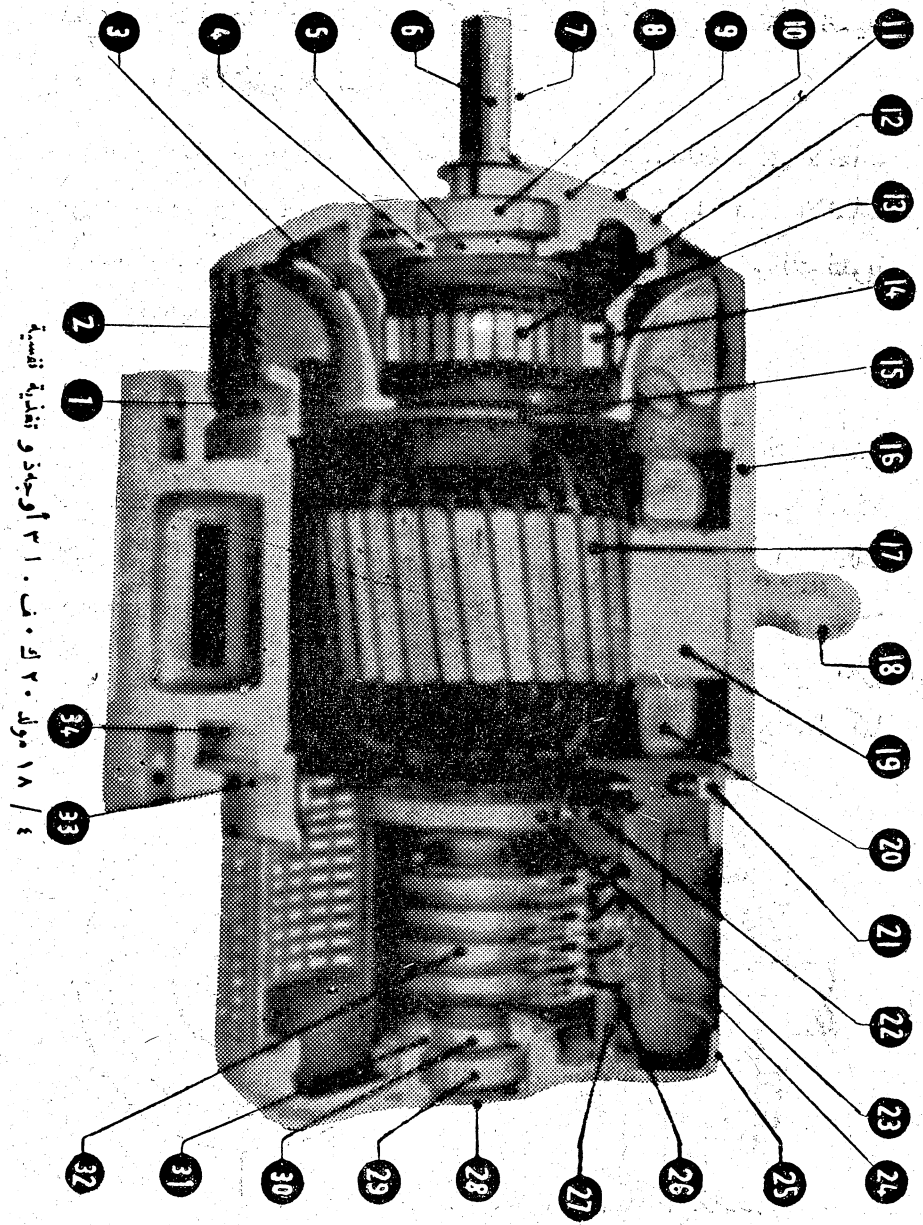
وهي تشابه طريقة التغذية للمولد المستمر المركب ففي هذه الحالة تغذى الأقطاب من مولد مستمر مستقل ثم يضاف إلى قطبين من الأقطاب أو إلى جميع الأقطاب ملفات إضافية تغذى من تيار المولد المتغير نفسه بعد توحيد تياره - وذلك لتقوية مجال الأقطاب حتى يوازن مفاهيم المولد والخط ( أى الأسلاك ) .

#### ١٨٢٤ ملفات الانزلاق : -

في مولدات التيار المتغير تستعمل حلقات الانزلاق أما لاخذ التيار المتغير من عضو الاستنتاج إلى الخارج إذا كان العضو دائرا - أو تستخدم لاعطاء التيار المستمر إلى ملفات الأقطاب إذا كان عضو التقبيل هو الدائر وذلك بواسطة فرش وتسمى هذه الحلقات - باسم حلقات الانزلاق وتصنع حلقات الانزلاق غالبا من النحاس الأصفر أو من معدن المدافع - وفي بعض الاحوال تصنع من الزهر المسبوك - وهي تركيب على محور العضو الدائر كما



شكل ١٩ / ٤ حلقات الانزلاق ونظام عزلها وتركيبها على عمود الإدارة بالرسم شكل ١٩ / ٤ حيث تكون معزولة عن المحور كهربائيا وعن بعضها وذلك بربطها بمسامير تمر في جلب عازلة ووردة عازله كذلك .



١٨ / ٤ مولد ٢٠ ك ف ٣١ أوجد و تنفيذية انفسية

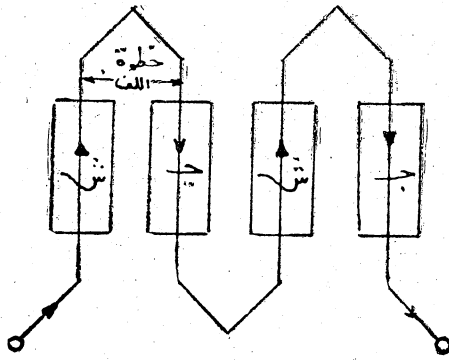
## « تابع شكل ٤ / ١٨ »

- |  |  |
|--|--|
| (١٨) حلقة حمل المولد .                   | (١) الجسم الخارجى                      |
| (١٩) قلب الأقطاب                         | (٢) شبكة فى الغطاء للتهوية .           |
| (٢٠) ملفات المجال المغناطيس للأقطاب      | (٣) مروحة للتهوية .                    |
| (٢١) تعلية أو حامل الفرش                 | (٤) غطاء كرسى المحور الداخلى           |
| (٢٢) ماسك الفرش                          | (٥) حلقة مسافة لتحديد الدوران          |
| (٢٣) عضو التوحيد .                       | (٦) عمود العضو الدائر .                |
| (٢٤) سطح الغطاء العلوى                   | (٧) خابور عمود الإدارة .               |
| (٢٥) نهاية جانب الغطاء                   | (٨) كرسى محور رولمان بلى               |
| (٢٦) ماسك فرش حلقات الإنزلاق             | (٩) غطاء كرسى المحور الخارجى           |
| (٢٧) تعلية حامل الفرش                    | (١٠) حلقة الغطاء الواقع .              |
| (٢٨) الغطاء الخارجى لكرسى المحور         | (١١) وجه غطاء المولد .                 |
| (٢٩) كرسى محور رولمان بلى                | (١٢) العضو الدائر لمغير المجال الدائرى |
| (٣٠) حلقة مسافة لتحديد الدوران .         | (١٣) غلاف حلقات الأقطاب                |
| (٣١) غطاء كرسى المحور الداخلى            | (١٤) حلقة القطب المغذى                 |
| (٣٢) حلقات الإنزلاق وعددهم ٤             | (١٥) حامل ( صرة ) المروحة              |
| (٣٣) مسامير رباط لتوجيه نهاية لوح المولد | (١٦) الغلاف الخارجى ( الهيكل )         |
| (٣٤) مسامير رباط .                       | (١٧) صفائح المنتج وملفاته              |

### ٤١٣ لف عضو الاستنتاج لآلات التيار المتغير

في مولدات التيار المستمر توصل ملفات عضو الاستنتاج بحيث تكون الدائرة مقفلة - وذلك لأن أطراف الملفات متصلة بقطاعات عضو التوحيد - أما في مولدات التيار المتغير فإن لفات كل وجه منفصلة عن الأخرى - وتؤخذ نهايتي هذه الملفات لتوصيلها بالدائرة الخارجية .

#### ٤١٣١ لف المولدات ذات الوجه الواحد : -



شكل ٢٠ / ٤ لف توجي مجرى واحد  
لكل قطب

يبين شكل ٢٠ / ٤ أبسط أنواع اللف لمولدات التيار المتغير ذات الوجه الواحد وهذا اللف . من النوع التوجي حيث يوجد عضو الاستنتاج مبسوط (لف انفرادي) - وقد فرضنا أنه توجد مجرى واحدة لكل قطب - وبكل مجرى موصل

واحد - وواضح أن القيمة اللحظية للقوة الدافعة الكهربائية في الموصلات تساعد بعضها كما هو مبين بالأسهم .

وإذا كان عدد المجاري أكثر من مجرى واحدة لكل قطب فإن اللف يكون كما هو مبين

بشكل ٢١ / ٤ وفي هذا اللف يحتوى كل ملف على لفتين Two turns per coil

والملفات موزعة على مجرتين لكل قطب . Two slots per pole

ونلاحظ أنه في مولدات الوجه الواحد لا تستعمل جميع المجاري الموجودة على سطح عضو الاستنتاج بل يترك بعضها خاليا من الموصلات - ويرجع سبب ذلك إلى



أي أن المخرجه  $\frac{1}{2}$  عدد ملف  
حيث كل قطب يسع  $\frac{1}{2}$  عدد مجرى

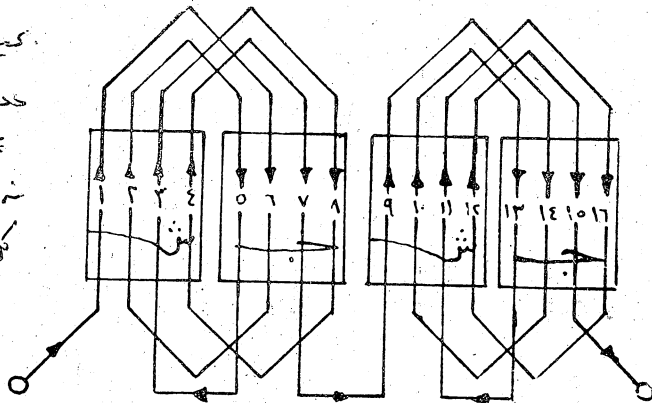
عدد مجرى  $\frac{1}{2}$  كل مجرى عدد ملف

نه عدد الملفات = ٨ ملف

كل ملف له عدد ضلع

نه عدد الإضلاع = ٢٤ × ٨

وهو عدد دقة الجار



شكل ٢١/٤ اف النصف - لفتان لكل ملف ومجرتان لكل قطب

أن الق. د. ك. المتولدة لا تتناسب مع عدد المجارى الموجود بها الموصلات -  
وتكون محصلة الق. د. ك. عبارة عن المجموع البياني للقوات الدافعة  
الكهربائية في كل موصل - وإذا زاد عدد المجارى التي توضع بها الموصلات عن  
حد معين فإن المجارى الزائدة تكون عديمة الفائدة من ناحية زيادة القوة  
الدافعة الكهربائية .

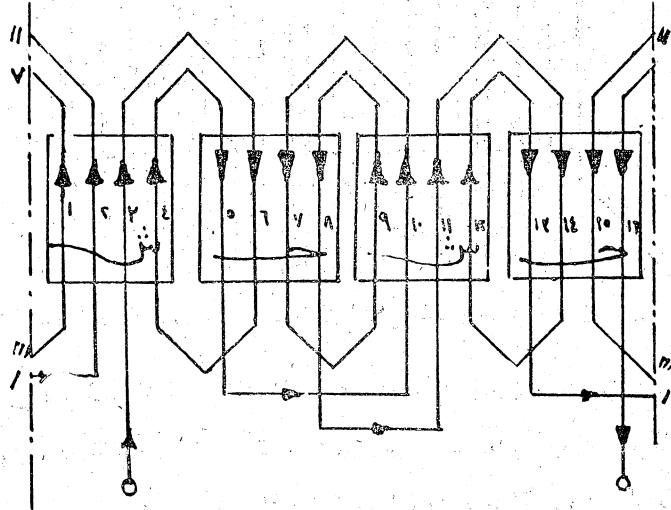
### ٢٢٢ ر ٤ لف النصف (أو طريقة أنصاف الملفات) :-

ويلاحظ في الشكلين ٢٠/٤، ٢١/٤ السابقين أن نهايات الملفات تشغل فقط نصف  
محيط المنتج ولذلك يسمى هذا اللف باسم لف النصف وفي هذا اللف تكون  
خطوة اللف تساوى الخطوة القطبية .

### ٢٢٣ ر ٤ لف المل (أو طريقة الملفات المظلمة) :-

للاستفادة من الحيز المتروك في اللف السابق تتبع الطريقة المبينة في شكل ٢٢/٤  
وفي هذا اللف تغطي نهايات الملفات محيط المنتج كله - وفي هذه الحالة تكون  
خطوة اللف أصغر من الخطوة القطبية وفي هذا النوع من اللف يكون عدد الملفات

يساوى عدد الأقطاب .. كما في الملف السابق ( لف النصف ) حيث يكون عدد الملفات يساوى عدد الأقطاب . وتسمى بطريقة لف الكل وفي شكل ٢٢/٤



شكل ٢٢/٤ لف الكل لفتان لكل ملف ومجرتان لكل قطب

عدد المجارى الكليه = ٨ مجارى وعدد الأقطاب = ٤ قطب وعدد الملفات = ٤ ملف وكل ملف يحتوى على لفتين .

$$\therefore \text{عدد المجارى لكل قطب} = \frac{8}{4} = \text{مجرى}$$

٦ عدد اللفات لكل ملف = ٢ لفة .

ولذلك يسمى هذا النوع من اللف باسم لف الكل وبه لفتين لكل ملف ومجرتين لكل قطب .

#### ٤.١٤ الخطوة القطبية :

هي المسافة بين نقطتين متشابهتين على قطبين متتاليين وتقدر عادة بعدد المجارى أو عدد الاسنان التي على محيط المنتج لكل قطب وبذلك تكون : —

$$\frac{\text{عدد المجارى الكمية}}{\text{عدد الأقطاب}} = \text{الخطوة القطبية}$$

$$\frac{\text{محيط المنتج}}{\text{عدد الأقطاب}} = \frac{\text{ط. ق.}}{\text{عدد الأقطاب}} = \text{وتقدر حسابيا الخطوة القطبية}$$

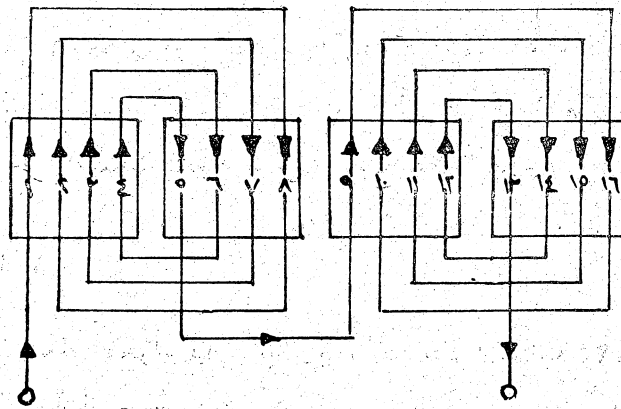
حيث ق = قطر المنتج بالسلم .

٤١٥ خطوة الملف :

هي المسافة بين ضلعي أى ملف بعد تشبيته في عضو الاستنتاج — وتقدر بعد المجارى أو عدد الأسنان المحصورة بين ضلعي الملف .

٤١٦ الملف المترافل :

يبين شكل ٢٣/٤ نوعا آخر من الملف يسمى باللف المتداخل وفيه يتكون



شكل ٢٣/٤ اللف المتداخل أربعة مجارى لكل قطب

اللف من ملف واحد لكل قطبين وتكون موصلات كل ملف موزعه على عدد من المجارى لكل قطب — ويلاحظ أن خطوات اللفات الفردية المكون منها

الملف مختلفة لكل لفة عن الملفات الأخرى فمثلا الملف الأول وكذلك الملف الثانى  
يحتوى كل منهم على أربعة ملفات وخطوة اللف فيها مختلفة فمثلا فى الملف  
الأول خطوة اللف من ١ - ٨ وفى الثانى من ٢ - ٧ وفى الثالث من ٣ - ٦  
وفى الرابع من ٤ - ٥ أى خطوات اللف هى ٧، ٥، ٣، ١ على الترتيب .

$$\therefore \text{متوسط خطوات اللف} = \frac{٧ + ٥ + ٣ + ١}{٤} = ٤ \text{ مجرى}$$

ويلاحظ أن الخطوة القطبية = ٤ مجرى .

ومعنى هذا أن الخطوة القطبية = متوسط خطوات اللف .

وفى حاله لف الوجه الواحد فى محركات التيار المتغير يجب أن يخصص جزء  
من المجارى للف التقويم وباقى المجارى للف التشغيل وغالبا تكون عدد المجارى

المخصصة للملفات التقويم تساوى  $\frac{١}{٣}$  عدد المجارى الكمية فمثلا إذا كان المنتج

يحتوى على ٢٤ مجرى أربعة أقطاب فإنه يخص كل قطب ستة مجارى أربعة منها  
لشغل ملفات التشغيل وأثنان للملفات التقويم . أى ملفات التشغيل تشغل فى المنتج  
كاه ١٦ مجرى وملفات التقويم تشغل فى المنتج كاه ٨ مجرى .

مثال ١ : —

المطلوب لف محرك تيار متغير وجه واحد بعضو استفتاجه ٢٤ مجرى وعدد  
أقطابه أربعة أقطاب — والمطلوب رسم اللف الانفرادى للملفات التشغيل لهذا  
المحرك بطريقة لف الكمل (الملفات الكاملة) وبطريقة لف النصف ( أنصاف  
الملفات ) .

الحل :

الزاوية المحصورة بين مجرتين متجاورتين =  $\frac{\text{عدد أزواج الأقطاب} \times 360^\circ}{\text{عدد المجارى}}$

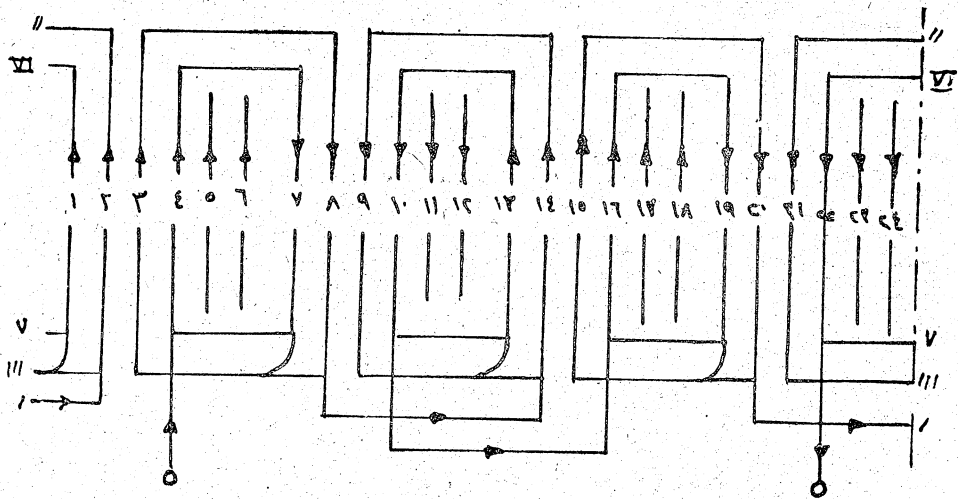
$$30^\circ = \frac{2 \times 360}{24} =$$

عدد المجارى لكل قطب لكل وجه =  $\frac{\text{عدد مجارى المنتج}}{\text{عدد الأقطاب} \times \text{عدد الأوجه}}$

عدد الجايع = ٤ بحجته لكل مجرى  
٤ عدد قطب

$$\text{عدد المجارى لكل قطب لكل وجه} = \frac{24}{1 \times 4} = 6 \text{ مجرى}$$

بالرجوع إلى شكل ٢٤/٤ نجد أن الموصلات الموضوعة بالمجرتين ٩، ١٠ تتصل

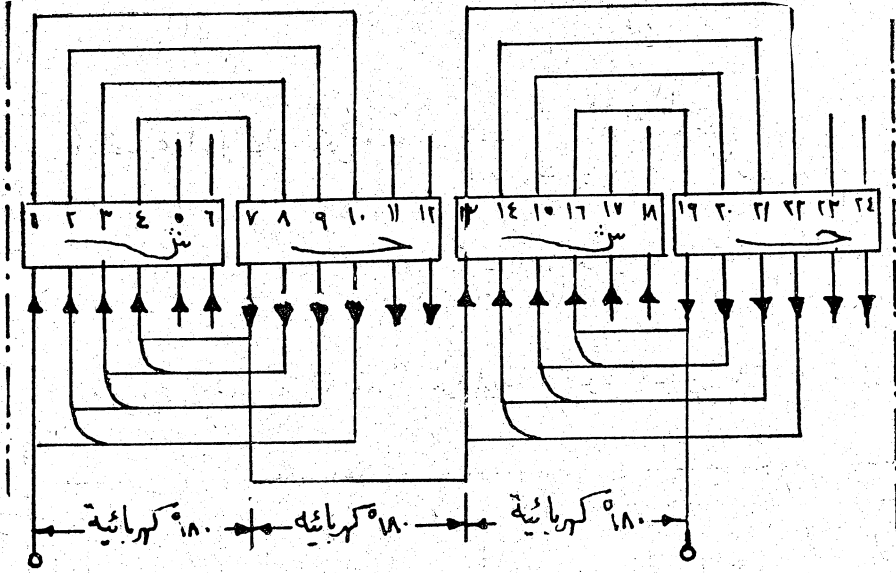


٢٤/٤ الرسم الإنفرادى للف الكامل ( لف الكمل ) وفيه يوضح نظام وضع ملفات التشغيل وتركب المجارى ٥، ٦، ١١، ١٢، ١٧، ١٨، ٢٣، ٢٤ وهي ثلث المجارى الكلية ( ٢٤ مجرى ) لوضع ملفات التقوم .

بالموصلات الموضوعة في المجرتين ١٣، ١٤ ويمكن الاستعاضة عن هذه الطريقة

بقوصيل الملفات الموضوعة في المجرتين ٩ ، ١٠ بالموصلات الموضوعة في المجرتين ١ ، ٢ وهاتان المجرتان الأخيرتان ممائلتان للمجرتين ١٣ ، ١٤ من حيث وقوعهما تحت قطب ممائل في العلامة — فتوصل الملفات بهذه الطريقة الأخيرة نحصل على الشكل رقم ٢٥/٤ وهي طريقة أنصاف الملفات — وفي هذه الحالة يلاحظ أنه

عدد المجاري  
= ٤ مجرى  
كل مجرى يحمل ٤ ملفات



شكل ٢٥/٤ الرسم الانفرأى لاف النصف ( أنصاف الملفات ) موضعا به وضع ملفات التشغيل لمحرك وجه واحد ٢٤ مجرى أربعة أقطاب وخصصت ١٦ مجرى للتشغيل ، ٨ مجرى الملفات التقوم .

يوجد ملف واحد لكل قطبين غير أن حجم كل من هذه الملفات يبلغ ضعف حجم الملف في الحالة الأولى شكل ٢٤/٤ التي توضح طريقة الملفات الكاملة .

## لف محركات الوجه الواحد

قواعد اللف : —

بشترط أن يكون هناك عدد متساوى من المجارى لكل وجه كما سبق القول .

$$\therefore \text{عدد المجارى لكل قطب لكل وجه} = \frac{\text{عدد المجارى الكلية}}{\text{عدد الأقطاب} \times 1}$$

( حيث اللف لوجه واحد ) .

مثال ٢ :-

محرك يدور بسرعة ١٥٠٠ لف / دقيقة وعدد مجارى منتجة ٢٤ مجرى وتردد التيار ٥٠ ذبذبة / ثانية وضغط التشغيل ٢٢٠ فولت وقدرة المحرك واحد كيلو وات ومعامل القدرة ( جتا  $\phi$  ) = ٠,٨ والمطلوب :

أولا : رسم انفراد اللف لهذا المحرك بطريقة الملفات الكاملة .

ثانيا : رسم انفراد اللف له بطريقة أنصاف الملفات ( جنين في المجرى ) مع ملاحظة أن يكون اللف بطريقة اللف المتداخل .

الحل :

١ - حساب عدد الأقطاب :

$$ت = \frac{٦٠ \times ٢ \times ٥٠}{٥} = \frac{٦٠}{٢} \times \frac{٥}{٥} \therefore ٦٠$$

$$٤ \text{ قطب} = \frac{٦٠ \times ٢ \times ٥٠}{١٥٠٠} =$$

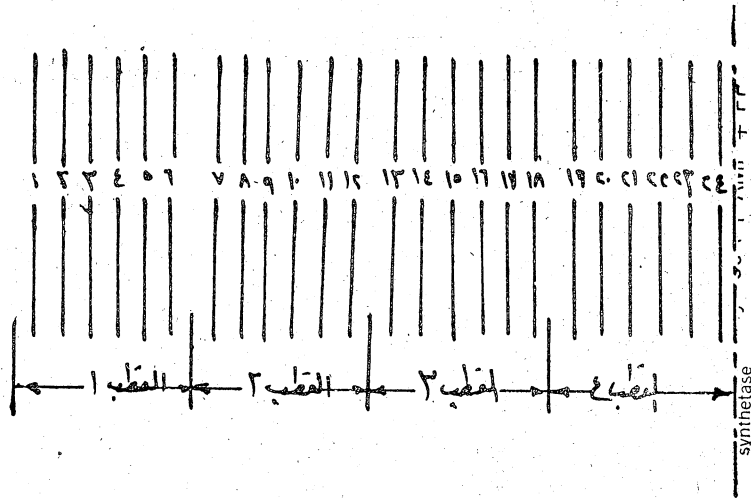
$$\text{وبذلك تخص كل قطب ستة مجارى حيث } ٦ = \frac{٢٤}{٤} \text{ مجرى}$$

٢ - حساب مجارى التشغيل والتقويم :

$$\text{عدد المجارى لكل قطب لكل وجه} = \frac{٢٤}{١ \times ٤} = ٦ \text{ مجرى}$$

$$\text{عدد مجارى التقويم لكل قطب} = ٦ \times ٢ = ٢ \text{ مجرى}$$

عدد مجارى التشغيل لكل قطب  $= 6 \times \frac{2}{3} = 4$  مجرى



شكل ٢٦/٤ تقسيم المجارى على الأقطاب

٣ — تحديد مجارى التشغيل والتقويم على المنتج :

يكون التقسيم الذى يلاحظ من الشكل ٢٧/٤ أن المجارى ١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩، ١٠، ١١، ١٢، ١٣، ١٤، ١٥، ١٦، ١٩، ٢٠، ٢١، ٢٢. خاصة بملفات التشغيل.

والمجارى ٥، ٦، ١١، ١٢، ١٧، ١٨، ٢٣، ٢٤ خاصة بملفات التقويم.

٤ — وضع ملفات التشغيل :

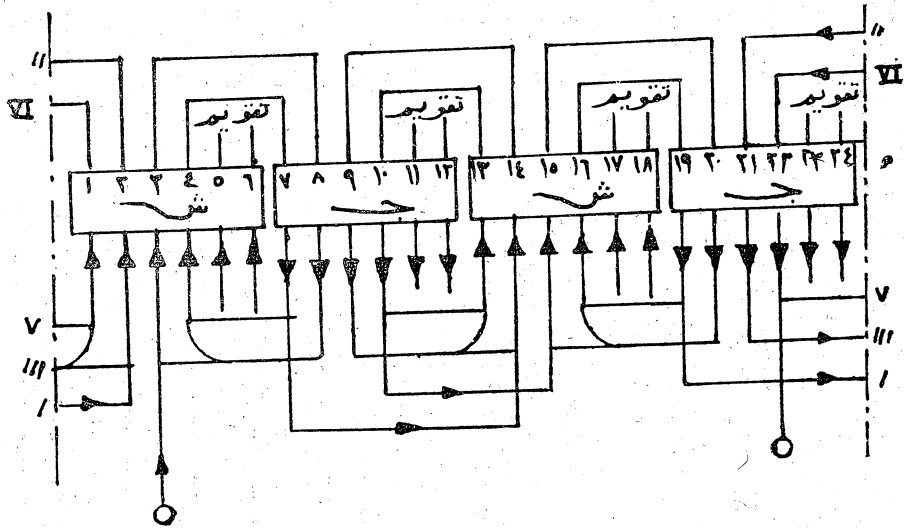
الزاوية المحصورة بين مجرتين متجاورتين .

$$= \frac{\text{عدد أزواج الأقطاب} \times 360}{\text{عدد المجارى الكلية}}$$

$$= \frac{2 \times 360}{24} = 30^\circ$$



توضع ملفات التشغيل في المجارى الخمسة لها بحيث يوضع ملف واحد بين قطبين متجاورين أى أنه توضع المجموعة الأولى بين القطبين الأول والثانى فالمجارى ٣ ، ٤ في القطب الأول والمجارى ٧ ، ٨ في القطب الثانى وتكون بداية المجموعة الأولى في المجرى ٣ ونهايتها في المجرى ٧ - وتوضع المجموعة الثانية للملفات التشغيل بين القطبين الثانى والثالث في المجارى ٩ ، ١٠ في القطب الثانى والمجارى ١٣ و ١٤ في القطب الثالث وتكون بداية المجموعة الثانية في المجرى ١٠ ونهايتها في المجرى ١٤ - وتوضع المجموعة الثالث بين القطبين الثالث والرابع في المجارى ١٥ ، ١٦ في القطب الثالث والمجارى ١٩ ، ٢٠ في القطب الرابع وتكون بداية المجموعة الثالث في المجرى ١٥ ونهايتها في المجرى ١٩ - وتوضع المجموعة الرابعة بين القطبين الرابع والأول في المجارى ٢١ ، ٢٢ في القطب الرابع والمجارى ١ ، ٢ في القطب الأول وتكون بداية المجموعة الرابعة في المجرى ٢٠ ونهايتها في المجرى ٢٢ كما هو مبين في الشكل ( ٢٧/٤ ) .



شكل ٢٧/٤ وضع ملفات التشغيل في حالة الملفات الكاملة ( الف الشكل )

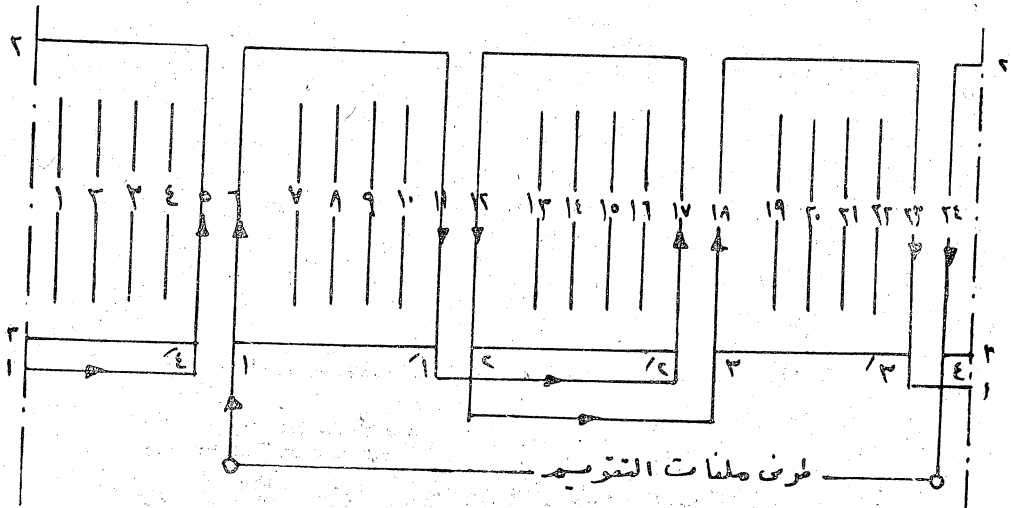
( ٥ ) توصيل ملفات التشغيل :

توصل نهاية الملف الأول بنهاية الملف الثانى وبداية الملف الثانى ببداية الثالث

ونهاية الثالث بنهاية الرابع - أى أنه توصل الملفات بحيث تنفتح قطبية مختلفة بين الأقطاب المتعاقبة حسب الاسهم الموضحة بالرسم (شكل ٢٧/٤) .

(٦) وضع ملفات التقويم : - شكل ٢٨/٤

توضع ملفات التقويم فى المجارى المخصصة لها بحيث يوضع ملف واحد بين كل قطبين متجاورين أى أنه يوضع الملف الأول : - بين القطب الأول والثانى فالمجرى ٦ فى القطب الأول والمجرى ١١ فى القطب الثانى وتكون بداية الملف الأول فى المجرى ٦ ونهايته فى المجرى ١١ ويوضع الملف الثانى للفت التقويم بين القطبين الثانى والثالث فى المجرى ١٢ فى القطب الثانى والمجرى ١٧ فى القطب الثالث وتكون بداية الملف الثانى فى المجرى ١٢ ونهايته فى المجرى ١٧ ويوضع الملف الثالث والرابع فى المجرى ١٨ فى القطب الثالث والمجرى ٢٣ فى القطب الرابع وتكون بداية الملف الثالث فى المجرى ١٨ ونهايته فى المجرى ٢٣ - ويوضع الملف الرابع بين القطبين الرابع والأول فى المجرى ٢٤ فى القطب الرابع - والمجرى ٥ فى القطب الأول وتكون بداية الملف الرابع فى المجرى ٢٤ ونهايته فى المجرى ٥ كما فى فى شكل (٢٨/٤)

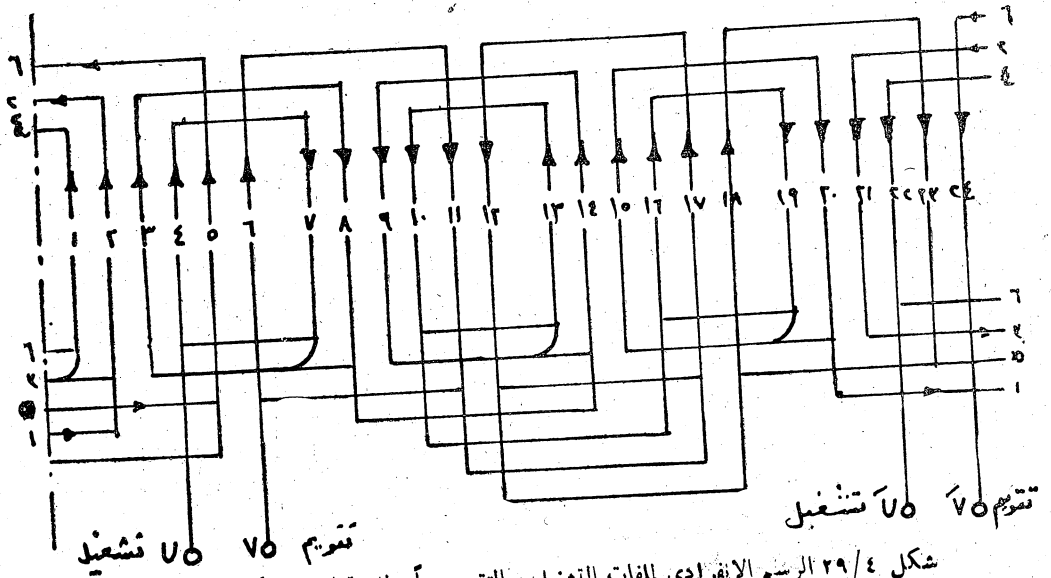


شكل ٢٨/٤ وضع ملفات التقويم فى حالة الملفات الكاملة (لف السكل)

## (٧) توصيل ملفات التقويم :

توصل نهاية الملف الأول بنهاية الملف الثاني - وبداية الملف الثاني ببداية  
الملف الثالث - ونهاية الملف الثالث بنهاية الملف الرابع - أى أنه توصيل الملفات  
بحيث تمتزج قطبية مختلفة بين الاقطاب المتعاقبة ( كما فى شكل ٢٨/٤ ) .

والرسم شكل ٢٩/٤ يبين رسم أفراد الملف وطريقة التوصيل لملفات التشغيل  
وكذلك ملفات التقويم لحرك تيار مغير وجه واحد ٢٤ مجرى ٤ اقطاب بطريقة  
الملفات الكاملة ( لف السك ) شكل ٢٩/٤ .



شكل ٢٩/٤ الرسم الإنفرادى لملفات التشغيل والتقويم معاً بطريقة الملف الكامل المتداخل

ملحوظة: خطوات الملف غير متساوية غير أن متوسط خطوات الملف يساوى  
الخطوة القطبية . وفى المثال السابق تكون الخطوة القطبية = ٦ مجرى  
ومتوسط خطوات الملف = ٦ مجرى أيضاً .

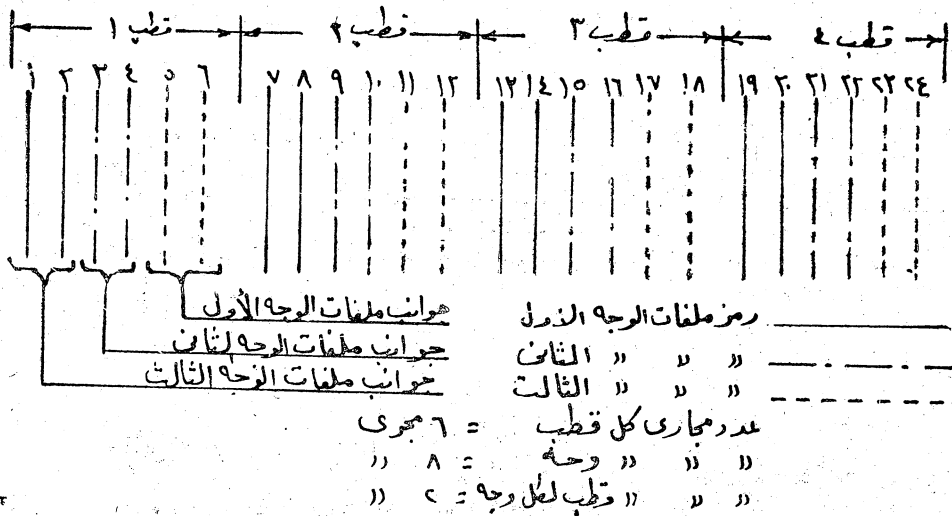
## لف العضو الثابت لآلات التيار المتغير ٣ أوجه

(٦) العضو الثابت عبارة عن رفائق من صفائح صلب المحولات على شكل أسطوانة مجوفة مشقوق بسطحها الداخلى مجارى توضع فيها ملفات تكون أقطاب الآلة وكل قطب يشغل عدد من المجارى متساوى .

∴ عدد المجارى لكل قطب = عدد المجارى الكلية ÷ عدد الأقطاب

(٢) يمثل كل وجه من الأوجه الثلاثة للآلة فى كل قطب بعدد من المجارى متساوى لكل وجه تحت كل قطب وتسمى مجموعة الوجه الواحد تحت القطب .

∴ عدد المجارى لكل وجه تحت كل قطب = عدد مجارى كل قطب ÷ عدد الأوجه فإذا كانت الآلة ٢٤ مجرى أربعة أقطاب ثلاثة أوجه فيمكن تقسيم المجارى بالنسبة لأقطاب الآلة وعدد الأوجه كما بالرسم شكل (٣٠ / ٤)



شكل ٣٠ / ٤ توزع المجارى فى آلات التيار المتغير ثلاثه أوجه على الأقطاب وعلى الأوجه - ثم عدد المجارى لكل قطب لكل وجه .

$$\therefore \text{عدد المجارى لكل قطب} = \frac{24}{4} = 6 \text{ مجرى}$$

$$\text{عدد المجارى لكل وجه تحت كل قطب} = \frac{6}{3} = 2 \text{ مجرى}$$

( ٣ ) توزيع الملفات فى مجارى العضو الثابت أبحث تكون ثلاثة دوائر مستقلة تسمى أوجه - بين كل وجه والذي يليه  $120^\circ$  كهربائية ويمكن تحديدها كالآتى : -

تحدد المسافة بين منتصف كل قطبين متجاورين بزاوية مقدارها  $180^\circ$  كهربائية وعلى ذلك يمكن تقدير مسافة القطب الواحد بزاوية مقدارها  $180^\circ$  كهربائية .

$\therefore$  تكون . هناك زاويه مقدارها  $60^\circ$  كهربائية لمجموعة كل وجه والمجموعة التى تليها للوجه الثانى تحت القطب الواحد .

$$= \frac{180}{3} = 60^\circ \text{ (درجة كهربائية)}$$

ويجب أن تكون هناك زاوية مقدارها  $120^\circ$  بين ملفات كل وجه والوجه الذى يليه وبذلك تكون المسافة بين بداية ملفات احد الالوجه وبداية ملفات الوجه الذى يليه  $120^\circ$  وكذلك نهاية ملفات احد الالوجه ونهاية ملفات الوجه الذى يليه  $120^\circ$  كذلك .

( ٤ ) توصل ملفات كل وجه بحيث يكون اتجاه التيار فى ملفات وجهين (أى الاول والثانى مثلا) فى اتجاه واحد والتيار فى الوجه الثالث فى اتجاه مضاد لاتجاه التيار فى الوجهين مع مراعاة القطبية لكل مجموعة جوانب ملفات تقع تحت

شكل ٣٢/٤ طريقة أخرى للملفات الكاملة المتداخلة (٦ قطب ٣٦ مجرى) مع تغير وضع القرص

٣١/٤، ٣٢/٤ يبين لف متداخل ٣ أوجه ٣٦ مجرى وستة أقطاب.

« التوزيع بطريقة الملفات الكاملة والتوزيع بطريقة الملفات المتداخلة »

مثال :

المطلوب لف محرك تيار متغير ثلاثة أوجه ٦ أقطاب ٣٦ مجرى بطريقة الملفات الكاملة ثم بطريقة الملفات المتداخلة.

الحل :

الزاوية المحصورة بين كل مجرتين متتاليتين

$$= \frac{\text{عدد أزواج الأقطاب} \times 360^\circ}{\text{عدد المجارى الكلية}}$$

$$30^\circ = \frac{360 \times 3}{36}$$

ملاحظة :

إذا لم تعطى عدد الأقطاب وأعطيت السرعة والتردد فيمكن إيجاد عدد

$$\frac{ت \times 2 \times 60}{\omega} = \text{الأقطاب من القانون التالي : } \omega$$

$$\therefore \frac{\text{عدد المجارى لكل قطب لكل وجه}}{\text{عدد الأوجه} \times \text{عدد الأقطاب}} =$$

$$= \frac{36}{6 \times 3} = 2 \text{ مجرى لكل قطب لكل وجه كما في شكل ٣١/٤ و ٣٢/٤}$$

## ١٩٤ ملخص قواعد اللف في آلات الشفرة أوجم : —

١ — تحدد عدد الأقطاب من سرعة الآلة والتردد حيث أن سرعة الآلة يتوقف على عدد الأقطاب

$$\text{حيث } n = \frac{ت \times ٢ \times ٦٠}{\text{قطب}}$$

٢ — يوزع عدد مجارى الآلة على عدد الأقطاب

$$\text{عدد المجارى لكل قطب} = \frac{\text{عدد المجارى الكلية}}{\text{عدد الأقطاب}}$$

٣ — تحدد عدد المجارى لكل قطب لكل وجه بالتساوى بشرط أن يكون واقفاً تحت القطب الواحد مجارى للآ وجه الثلاثة بالتساوى

$$\text{عدد المجارى لكل وجه} = \frac{\text{عدد المجارى الكلية}}{\text{عدد الأقطاب} \times \text{عدد الأوجه}}$$

٤ — يحدد نوع اللف سواء كان لفاً متداخلاً أو لفاً سلسلة ففى اللف السلسلة تكون فرمه اللف واحدة لجميع الملفات أى أن خطوة اللف متساوية وهى تساوى الخطوة القطبية

$$\therefore \text{خطوة اللف ( فى لف السلسلة )} = \text{الخطوة القطبية}$$

$$١ + \frac{\text{عدد المجارى الكلية}}{\text{عدد الأقطاب}} =$$

$$\frac{٣٦}{٤} = \text{فمثلاً إذا كان عدد المجارى ٣٦ وعدد الأقطاب ٤ فإن خطوة اللف}$$



= ٩ أى خطوة اللف تكون من ١ - ١٠

أما في اللف المتداخل فلا تكون خطوة اللف متساوية بل يكون عدد الفرص مختلف ويساوى عدد المجارى لكل قطب لكل وجه - ويكون متوسط خطوات اللف = الخطوة القطبية

$$\frac{٣٦}{٣ \times ٤} = \text{فمثلا آلة بها ٣٦ مجرى وأربعة أقطاب فإن عدد الفرص}$$

$$= ٣ فرم$$

وبما أن متوسط خطوات اللف = الخطوة القطبية

$$\therefore \text{الخطوة القطبية} = \frac{٣٦}{٤} = ٩ \text{ مجرى}$$

ولكى نحصل على ٣ فرم فلا بد أن يكون خطوات اللف ١١ ٩ ٧ مجرى

$$\text{حيث أن متوسط خطوات اللف} = \frac{٧ + ٩ + ١١}{٣} = \frac{٢٧}{٣} = ٩ \text{ مجرى}$$

= مجرى وتساوى الخطوة القطبية

٥ - لا بد أن يبدأ جنب الملف تحت أحد الأقطاب وجنبه الآخر يقع تحت

القطب التالى المجاور له .

٦ - تحديد أطراف ملفات البدايات والنهايات للأوجه الثلاثة وتكون

على التوالى وبحسب الترتيب U و V و W بداية الأوجه الثلاثة ١ و ٢ و ٣

وأطراف النهايات تكون X ، Y و Z نهايات الأوجه الثلاثة ١ و ٢ و ٣

حسب الترتيب .

٧ - يحدد البعدين بدايات الأوجه الثلاثة بحيث يكون البعد بين بدايات كل وجه أو نهايات كل وجه =  $120^\circ$  ويتم ذلك على خطوتين  
أولا حساب البعد بين مجرتين متتاليتين بالزوايا الكهربائية حيث:  
البعد بين مجرتين متتاليتين بالزوايا الكهربائية =

$$= \frac{360 \times \text{عدد أزواج الأقطاب}}{\text{عدد المجارى الكلية}} \quad \text{مثلا في المثال السابق}$$

$$= \frac{2 \times 360}{36} = 20^\circ$$

أى أن المسافة بين أطراف الأوجه تحصر بينها  $\frac{120}{20} = 6$  مجارى

٨ - اتجاه التيار في وجهين يكون مخالف لاتجاه التيار في الوجه الثالث ويحدد ذلك على أطراف البدايات والنهايات الستة .

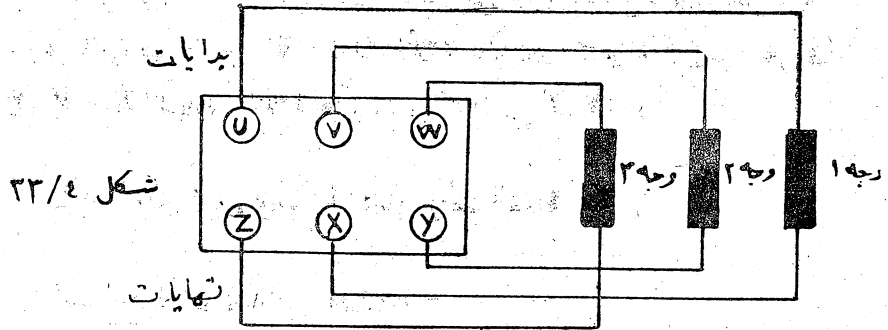
٩ - مراعاة القطبية في كل جنب بحيث تكون متشابهة تحت كل قطب .

١٠ - ربط المجاميع ببعضها ويكون اتجاه التيار في مجاميع وجهين مخالف لاتجاه التيار في مجاميع الوجه الثالث .

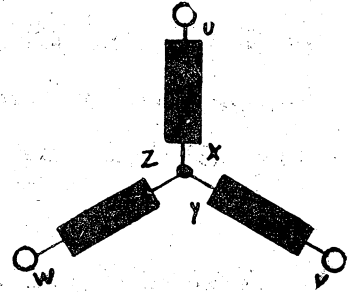
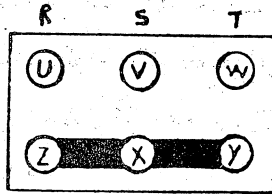
٢٠-٤ توصيل الأوجه : -

توصل الأطراف الستة النهائية للأوجه الى لوحة توصيل المحرك فتوصل البدايات الثلاثة للأوجه الى الثلاث نقط العليا في لوحة التوصيل من الشمال الى اليمين بالترتيب - وتوصل نهاية الوجه الأول في نقطة التوصيل الثانية من الصف الأسفل من لوحة التوصيل ونهاية الوجه الثانى في نقطة التوصيل الثالثة الى اليمين ونهاية

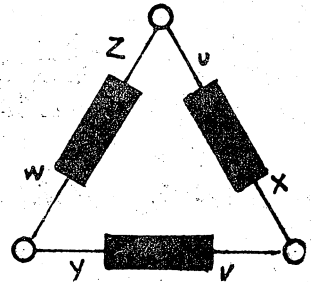
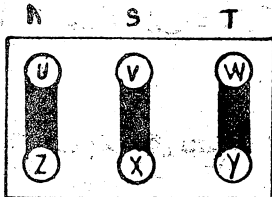
الوجه الثالث في نقطة التوصل الأولى في الصف الأسفل ليسهل توصيل المحرك  
نجمه أو دلتا كما في شكل ٣٣/٤



شكل ٣٤/٤  
ترصيلة نجمة



شكل ٣٥/٤  
ترصيلة دلتا



شكل ٣٣/٤ توصيل ملفات الثلاثة أوجه إلى لوحة التوصيل للمحرك  
شكل ٣٤/٤ طريقة توصيل النجمة وكذلك طريقة توصيل لوحة النهايات  
شكل ٣٥/٤ طريقة توصيل الدلتا وكذلك طريقة توصيل لوحة النهايات

فمنذ توصيل المحرك نجمة توصيل النهايات الثلاثة للأوجه مع بعضها  
وتكون البدايات الثلاثة هي أطراف التوصيل التي يتصل بالتيار ، في  
شكل ٣٤/٤ .

وعند التوصيل بطريقة الدلتا تعمل ثلاث وصلات بين النقط الثلاث العليا والنقط الثلاث السفلى بين كل نقطة والنقطة التي تقع أسفلها وتكون الثلاث نقط السفلى هي أيضاً أطراف توصيل المحرك التي توصل بالتيار كما في شكل ٣٥/٤ وترمز بالحروف U، V، W للبدييات الثلاثة بالترتيب للأوجه كما يرمز بالحروف X، Y، Z للنهائيات الثلاثة للأوجه في كثير من المحركات .

### ٢١٤ مقارنة بين اللف المترافل ولف السلسلة :

لف السلسلة Chaid winding : —

سبق أن تكلمنا عن اللف المتداخل — وكان ظاهراً فيه أن خطوة اللف غير متساوية ويكون عدد خطوات اللف بعدد الفرم وعدد الفرم تكون بحسب عدد جوانب الملف لكل قطب لكل وجه ولكن متوسط خطوات اللف يساوي الخطوة القطبية .

أما لf السلسلة فتكون خطوة اللف ثابتة وتساوي الخطوة القطبية .

$$\frac{\text{عدد المجارى الكلية}}{\text{عدد الأقطاب}} = \text{خطوة اللف} = \text{الخطوة القطبية}$$

وفي شكل ٣٦/٤ لf إنفرادى لمنتج به ٢٤ مجرى لمولد ذو أربعة أقطاب ثلاثة أوجه .

$$\therefore \text{عدد المجارى لكل قطب لكل وجه} = \frac{24}{3 \times 4} = 2 \text{ مجرى}$$

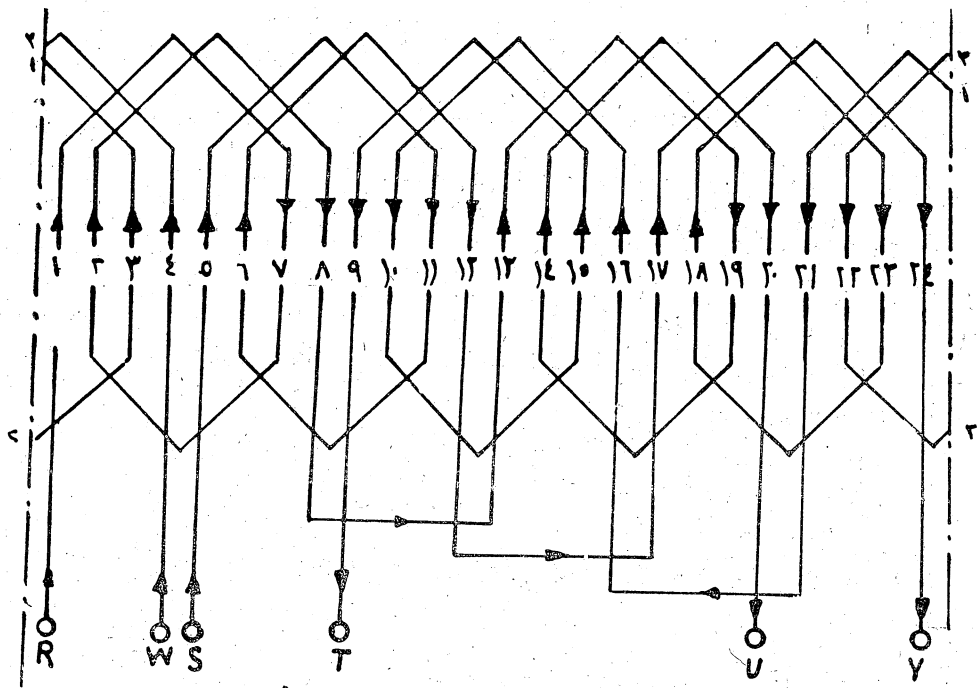
وبالمقاومة بالالف شكل ٣٧/٤ فهو ٢٤ مجرى كذلك وأربعة أقطاب فقط شكل ٣٧/٤ عبارة عن لف متداخل Concentricwinding وفيه عدد المجارى لكل قطب لكل وجه = ٢ مجرى كالسابق تماماً .

ففى لف السلسلة خطوة الالف = الخطوة القطبية = ٦ مجرى أى الخطوة من ١ - ٧ وهى ثابتة دائماً .

أما فى الالف المتداخل يكون هناك خطوتان للـ ١ - ٨ - ٦ - ٢ - ٧ أى

$$\text{خطوتى الالف } ٦ \text{ و } ٧ = \frac{٥ + ٧}{٢} = \text{خطوات الالف} = ٦ \text{ وهذا}$$

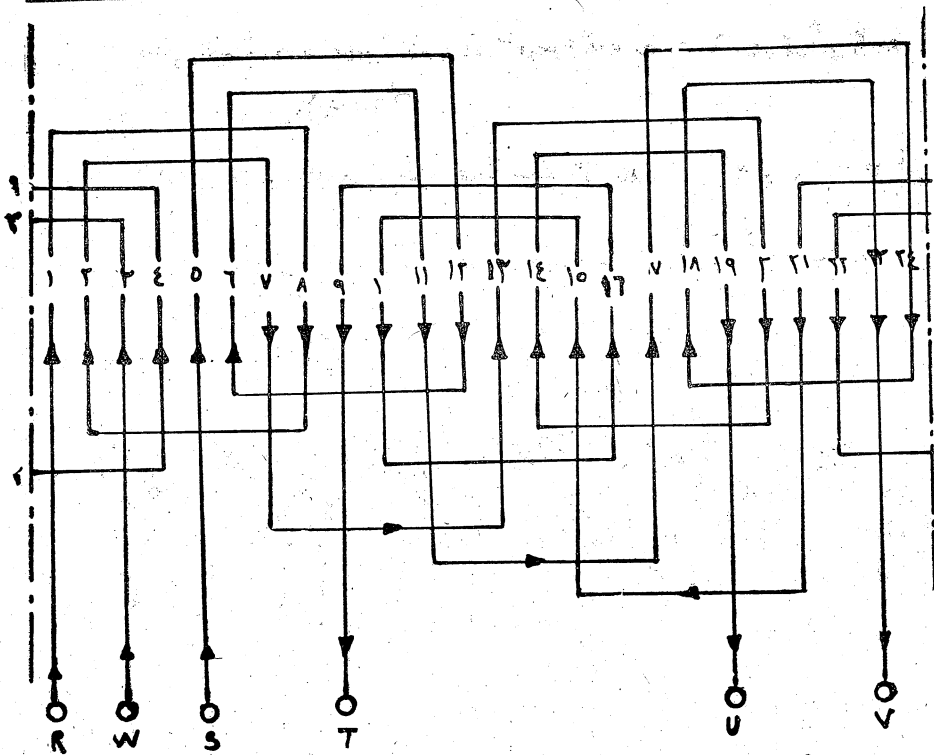
يساوى الخطوة القطبية .



شكل ٣٦/٤ رسم لإنفرادى للـ لف السلسلة Chaid Windhing لآلة ٢٤ مجرى وأربعة ثلاثى أوجه وفيه خطوة الالف متساوية وتساوى القطب (أى ٦ مجرى) .

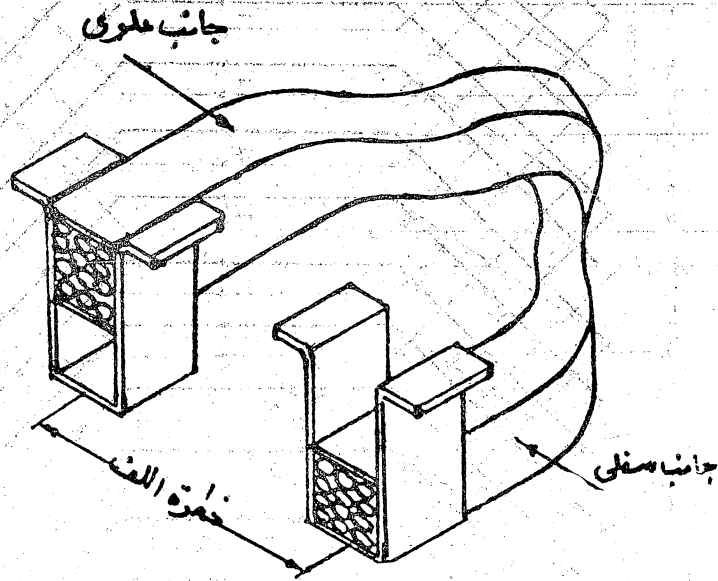
### ٢٢ رلف ذو الطبقتين (اللف المزدوج) :-

عند عمل الملفات ذات الطبقتين أى اللف المزدوج فإنه يوضع فى الاعتبار على أن يكون أحد جوانب الملفات يقع فى أسفل المجرى أما الجانب الآخر فيوضع



شكل ٣٧/٤ رسم لإنقرار لف المتداخل C6ncentric Winding لآله ٢٤ مجرى  
أربعة أقطاب ثلاثه أوجه خطوة الالف ذات فرمتين ٧ ، ٥ مجرى ومتوسط خطوة الالف  
لها ٦ مجرى لأى خطوة قطبية )

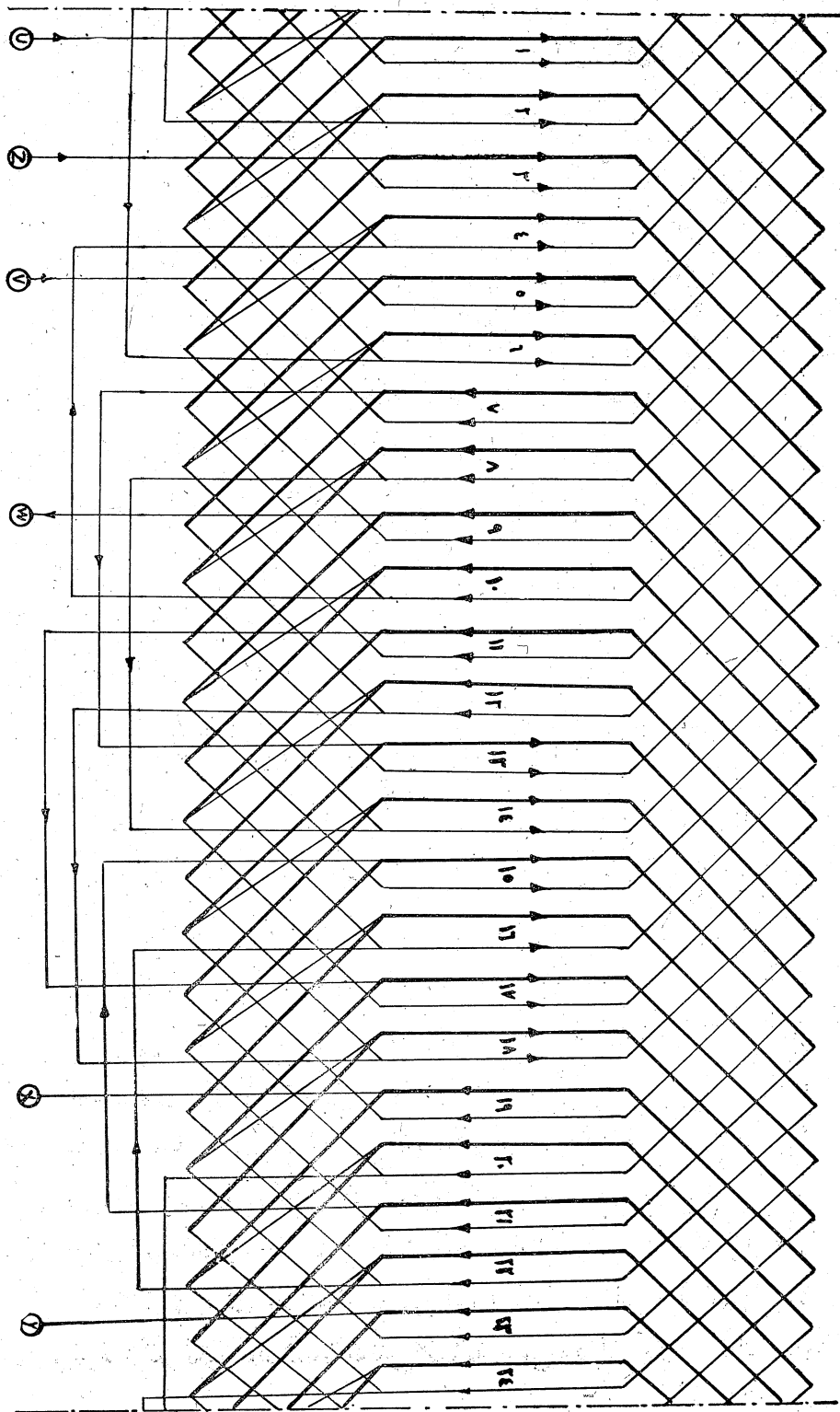
في أعلى المجرى وعند وضع الملفات كما في ( شكل ٣٨/٤ ) يوضع الجانب ا -  
وكذلك جميع الجوانب السفلى ثم يوضع فوقها الجوانب العلوية وبذلك يكون في  
كل مجرى جانبيين ومعنى هذا أن عدد الملفات يكون مساوياً لعدد المجارى -  
وشكل رقم ٣٩ يبين إنفراد لف مزدوج أى ذو طبقتين وفيه عدد المجارى ٢٤  
مجري وعدد الملفات ٢٤ ملف ثلاثة أوجه وأربعة أقطاب والخطوط الخفيفة تدل  
على الجانب الذى يقع أسفل عند قاع المجرى أما الخطوط الثقيلة فتدل على الجانب  
العالى للملف وعند النظر إلى اوصلات الأمامية والوصلات الخلفية التى توصل  
جانبي الملفات من الأمام والخلف فنجد أنها متداخلة وفي ترتيب منتظم مكونة  
شكل أسطوانى من الأمام والخلف وتشكل بحيث عملاً الفراغ الذى في  
غطائى الآلة ولا ينبغي أن تزيد عليه حتى يمكن تركيب الغطاءين بسهولة .



شكل ٣٨/٤ جانبي الملف في الملف ذو الطبقتين (اللف المزدوج) لياتي ليست في مستوى واحد بل أحد الجوانب يقع في قاع المجرى والجانب الآخر أعلى المجرى .

### ٤٣٣ توصيل مولدات التيار المتغير بالتوازي لتتقاسم الحمل :

سبق أن عرفنا في دراسة مولدات التيار المستمر أنه يمكن توصيلها بالتوازي معاً لتتقاسم الأحمال — وكذلك الحال في مولدات التيار المتغير يمكن توصيلها بالتوازي مع بعضها لتتقاسم الحمل بينها — ولكن يوجد خلاف كبير عند توصيل مولدات التيار المستمر ومولدات التيار المتغير وكذلك الشروط الواجب مراعاتها عند التشغيل وسبب هذا الخلاف أن مولد التيار المتغير له تيار وضغط متغير على شكل منحنى جيبي فكل منهما غير ثابت بالنسبة للزمن . وحيث أن المولتيرات الموجودة لقياس الضغط لا تبين هذا التغير بل تغطي قراءته متوسطاً للمنحنى الجيبي — ولا يمكن أن نوصّل مولدين معاً إذ يجب أن يكون المنحنى الجيبي للمولد الأول متوافق مع المنحنى للمولد الثاني — ولنضرب لذلك مثلاً فعندما تكون النهاية العظمى للمولدين ٣٠٠٠ فولت وكان عند لحظة التوصيل أحدهما يكون عند النهاية العظمى الموجبه والمولد الآخر يكون عند النهاية العظمى السالبة ومعنى هذا أن يكون هناك فرق



شكل ٢٩/٤ لن موزج ثمانية أوجه - ٢٤ مخرج و ٢٤ مدخل وأربعة أنطالاب مخرجات لكل قطب لكل وجه



جهد في الدائرة مقداره ٦٠٠٠ فولت وتتوقف حالة القصر هذه على المحصلة الجبرية للضغطين ولهذا السبب يجب أن تراعى الشروط الآتية عند توصيل مولدين معاً بالتوازي ليقاسما الأحمال :-

١ - يجب أن يتساوى ضغط المولد المراد توصيله بضغط القضبان العمومية ويمكن التحكم في ضغط المولد بتغيير تيار التنبيه باستعمال مقاومة متغيرة موضوعه في دائرة تيار التنبيه وتسمى هذه المقاومة باسم مقاومة تنظيم الضغط .

٢ - يجب أن يتساوى تردد تيار المولد المراد إدخاله مع تردد القضبان العمومية ويقاس التردد من كل منهما بجهاز قياس التردد - ويمكن التحكم في تردد التيار بتغيير سرعة الآلة المحركة كما سبق القول لأن ت تناسب تردداً مع السرعة .

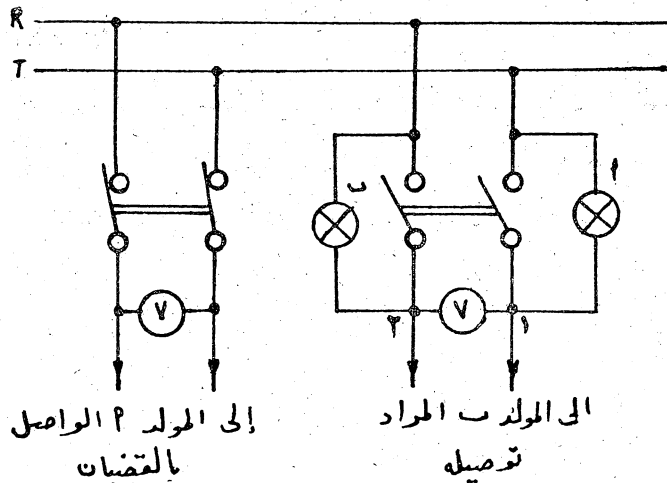
٣ - يجب أن تكون موجة ضغط المولد في نفس موجة ضغط القضبان أي تكون الموجتان متوافقتان أن منطقتان والزاوية بينهما صفراً وتتم هذه العملية بعدة طرق كما سيأتى شرحها وتسمى هذه العملية بأسم عملية التوافق .

٢٤٤ ر عملية التوافق باستخدام المصابيح الكهربائية :-

٢٤١ ر ١ - نظام الإطفاء الكامل :-

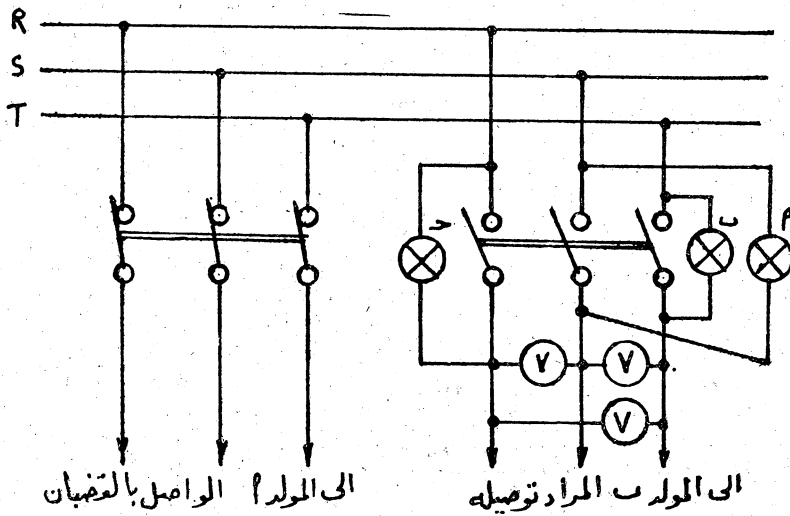
(شكل ٤ / ٤٠) يبين مولد أ متصل بالقضبان العمومية ويراد توصيل المولد ب إلى القضبان ولا بد أن تتم عملية التوافق وفيها يجب أن تكون موجة الضغط للمولد ب متوافقة ومنطبقة مع موجة الضغط في القضبان العمومية - أي في المولد أ . ولذلك يجب أن يوصل المصباحان بالتوازي مع القضبان والمولد ويجب أن يكون ضغط كل مصباح ضعف ضغط القضبان أو يساوى مجموع ضغط القضبان والمولد المراد توصيله فعند ما يكون هناك إختلاف في الوجه بين موجة ضغط المولد المراد توصيله وموجة ضغط القضبان - فإن المصابيح تضئ وتكون إضاءة المصابيح أكبر ما يمكن عندما تكون الموجتان منعكبتان أي الزاوية بينهما  $180^\circ$  - وتقل إضاءة المصابيح كلما نقصت زاوية الإختلاف بينهما وعندما تكون  $(م ١٢ - الكرائيه)$

زاوية مه حتى الضغط للقضبان والمولد المراد إدخاله صفرا أى يكونا فى حالة توافق -



شكل ٤٠/٤ طريقة توصيل مولد بالقضبان العمومية وفيه يتم التوافق عند الإطفاء الكامل فإن المصابيح تكون مطفأة تماما وبذلك نستطيع أن نوصل المولد B إلى القضبان العمومية .

وشكل ٤١/٤ يبين طريقة توصيل مولد ثلاثة أوجه ب - يراد توصيله

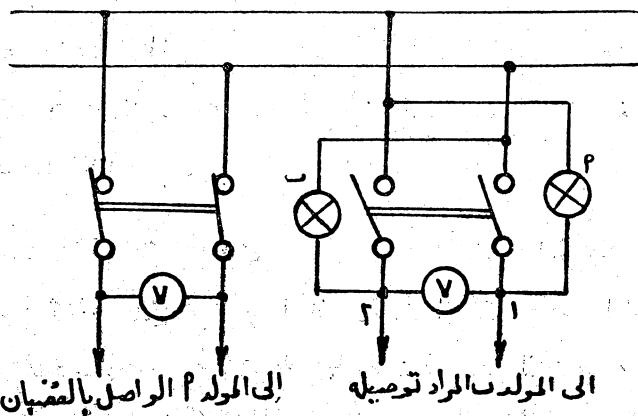


شكل ٤١/٤ طريقة توصيل مولد ثلاثة أوجه بالقضبان العمومية وفيه يتم التوافق عند الإطفاء الكامل .

بالقضبان العمومية بعد إتمام عملية التوافق فيمتصل كل خط من الخطوط الثلاثة RST بالتوالي مع خطوط المولد المراد توصيله (ب) عن طريق المصاييح ا ب ح ويتم التوافق كذلك في هذه الحالة عند الإطفاء الكامل للمصاييح الثلاثة ا ب ح.

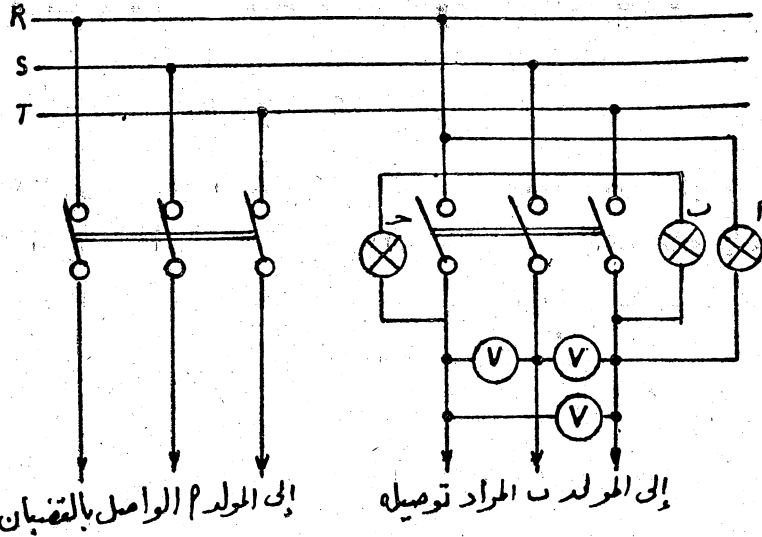
### ٢٤٣ ر ٤ : ب - نظام الإضاءة الكاملة : -

توصل في هذه الحالة المصاييح بالاختلاف فيوصل المصباح ا مع القضبان د وطرف المولد ١ أما المصباح ب فيمتصل مع القضبان د وطرف المولد ٢ كما هو واضح في شكل ٤/٤٢ وتستخدم هذه الطريقة مولدات الوجه الواحد وفيها يتم التوافق عند الإضاءة الكاملة فعندما تكون موجة الضغط للقضبان منعكسة تماماً مع موجة المولد المراد توصيله - فإن المصاييح تكون مطغاة تماماً وعندما تكون موجة الضغط للقضبان منطقية مع موجة الضغط للمولد المراد توصيله فإن المصاييح تضيئ بأكثر وشده وهذا ما يسمى بالإضاءة الكاملة وفي هذه الطريقة يوصل المفتاح الرئيسي للمولد المراد توصيله بالقضبان العمومية حيث يتم التوافق عند الإضاءة الكاملة - ونظام الإضاءة الكاملة عند التوافق أكثر ضماناً وضبطاً عن النظام السابق وذلك لأن الإطفاء الكامل لا يمكن تمييزه بالعين المجردة - أما الإضاءة الكاملة يسهل تمييزها بمجرد النظر كما في شكل ٤ / ٤٢ .



شكل ٤/٤٢ طريقة توصيل مولد وجه واحد وفيه يتم التوافق عند الإضاءة الكاملة .

وشكل ٤/٤٣) يبين طريقة توصيل المصابيح إلى المولد ب ذو الثلاثة أوجه لكي نحصل على التوافق عند الإضاءة الكاملة للمصابيح ١، ب، ح.



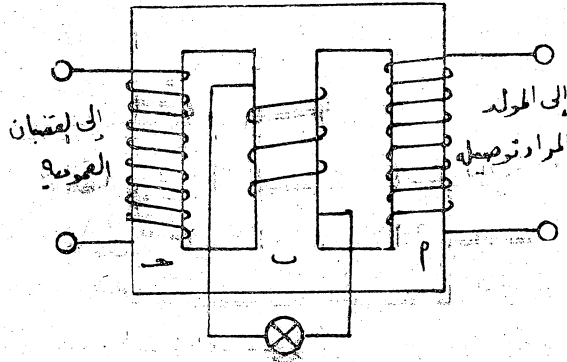
شكل ٤/٤٣ طريقة توصيل مولد ثلاثه أوجه بأخر بالتوازي عن طريق القضبان العمومية وفيه يتم التوافق عند الإضاءة الكاملة.

٤٣٤٣٢ محولات التوافق :-

يلزم كما سبق القول أن يكون ضغط المصباح ضعف ضغط المولد - ولما كانت أغلبية مولدات التيار المتغير ذات ضغط عالي جداً ولا يمكن الحصول على مصابيح تتحمل هذه الضغوط وإذا استعملنا مصابيح عادية كالمستخدمة في الإنارة فإنه يلزم توصيل عشرات منها بالتوالي حتى يتساوى ضغطها جميعاً مع ضعف ضغط المولد وهذا غير مقبول عملياً.

لذلك إستعملت محولات التوافق شكل (٤/٤٤) للقيام بهذا الغرض ويتركب هذا المحول من ثلاثة أفرع على كل منها ملف ويكون الملفان ١، ح ملفات ذات ضغط عالي أي عدد لفاتهما كبير وتتناسب مع ضغط المولد والقضبان - ويتصل الملفان ١، ح (ويكونا متماثلين تماماً) حيث (١) يتصل بالمولد المراد توصيله، (ح)

يتصل بالقضبان - أما الملف الثالث ( ب ) فيتصل بمصباح حيث تكون عدد لفاته



شكل ٤٤/٤ محول التوافق

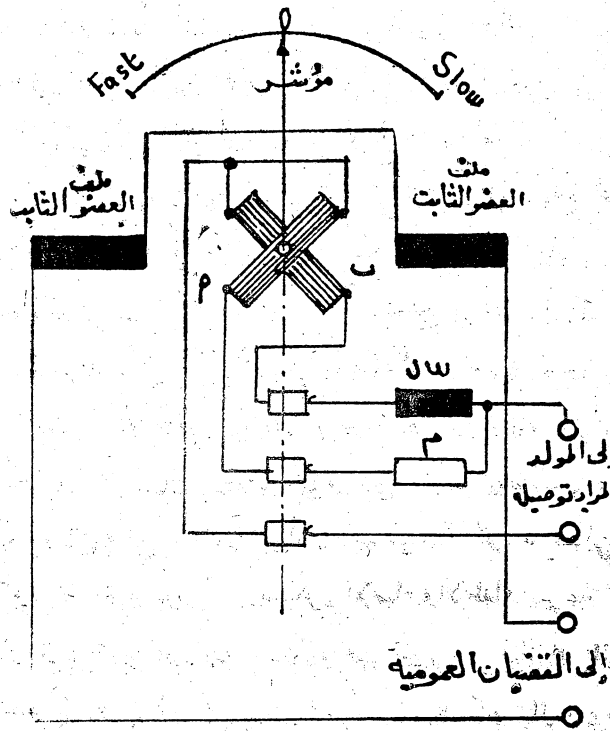
قليلة وتناسب مع ضغوط المصباح - فعندما تكون موجة التيار بالقضبان متوافقة مع موجة التيار بالمولد - فإن المجال الذي يتولد في الملف أ يكون في اتجاه المجال في الملف ح ويكون المجال في الوسط في الفرع ب هو محصلة المجالين ويكون أ كبر ما يمكن فيتولد فيه ضغطاً أ كبر ما يمكن فيضنيء المصباح بأقصى شدة له - أما إذا كانت موجة التيار في القضبان معاكسة تماماً لموجة التيار في المولد المراد توصيله أي الزاوية بينهما  $180^\circ$  - فإن المجال الناتج في الفرع أ يكون معاكساً ومضاداً للمجال الناتج في الفرع ح وعلى ذلك تكون محصلة المجالين في الفرع المتوسط ب صفراً - فلا يتكون في الملف ( ب ) أي قوة دافعة كهربائية وينطفئ المصباح - أما إذا كان هناك اختلاف بين موجتي الضغط للقضبان والمولد المراد توصيله فإن المصباح يضيء عندما تكون محصلتهما أ كبر ما يمكن وينطفئ عندما تكون محصلتهما صفراً - وتكرر الإضاءة والإطفاء بسرعة تناسب مع كبر أو صغر الزاوية بين الموجتين - ولذلك يجب تغيير سرعة المولد المراد توصيله حتى ينير المصباح بأقصى شدة له ويستمر مثيراً - وبذلك يكون المولد في حالة توافق - ويوصل المفتاح الرئيسي للمولد بالقضبان العمومية .

ملحوظة : - يمكن استخدام فولتметр بدلاً من المصابيح وعندما يكون طرفيه

معكوسين كما في حالة الإضاءة الكاملة - فإن الفولتير يقرأ ضعف ضغط المولد عندما يكون المولد المراد إدخاله متوافقاً مع ضغط القضبان - ويقرأ ضغط أقل إذا كان هناك فرق في موجهتي الضغط يتناسب مع هذا الفرق .

#### ٤٢٥ جهاز التوافق الدائري synchroscope

عند إستخدام المصابيح في عملية التوافق فإنها لا تعطينا الدقة الكافية حتى في حالة الإضاءة الكاملة وفي المولدات ذات القدرة العالية - فإن إختلاف في زاوية الموجه ينتج عنه صدمات كهربائية ذات تأثير ضار على المولدات عند توصيلها بالتوازي - ولذلك إستخدمت أنواع مختلفة من أجهزة التوافق منها الجهاز المبين ( شكل ٤ / ٤٥ ) ويسمى السينكروسكوب أو جهاز التوافق الدائري .



شكل ٤ / ٤٥ جهاز التوافق الدائري سينكل وسكوب Synchroscope

ويتكون الجهاز من عضو دائري يتركب من الملفين أ ، ب أطرافهما تتصل

بملاقات إنزلاق ثلاثة لمنع إعاقة الملفان من الحركة ومثبت معهما مؤشر ويدور الملفان ١ ب بين ملفان ثابتان بمثابة عضو التنبيه في المحرك ويوصل الملفان الثابتان إلى القضبان العمومية أما الملفات المتحركة فيوصل ١ بمقاومة تأثيرية والملف ٢ بمقاومة مادية ويتصل الملفان بالتوازي ثم يوصلان إلى المولد المراد توصيله بالقضبان ووجود مقاومته تأثيرية بالتوالي مع ٢ بسبب وجود فرق في الوجه بين التيار المار في ١ والتيار المار في ٢ مقداره ٩٠° - فعندما يكون تردد الآلة المراد توصيلها هو نفس تردد القضبان العمومية - فإن المجالان الناتجان من العضو الدائر والعضو الثابت تكون سرعتهما واحدة فلا يتحرك العضو الدائر وبظل المؤشر ساكناً عند الصفر - ولو زادت ترددات المولد المراد توصيله عن سرعة الينبوع - لزادت حركة المؤشر ويأخذ في الدوران بسرعة تتناسب مع الفرق بين الترددين وفي جهة Fast وهذا معناه أن سرعة المولد المراد توصيله أ كثر من اللازم ويلزم تبطئته - أما إذا قل التردد بسبب نقص سرعة المولد المراد توصيله عن تردد القضبان العمومية لانعكست حركة المؤشر ودار جهه Slow - وهذا يعني أن التردد أقل من تردد الضبان ويلزم زيادة سرعة المولد المراد أدخله - وعلى ذلك فإن الوقت المناسب لتوصيل مفتاح التوصيل عند ما يكون المؤشر ساكناً على الصفر ( أى في المنتصف ) .

#### ٤,٢٦ القوة الدافعة الكهربائية في مولدات التيار المتغير : -

تتوقف قيمة القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في ملفات المفتاح لمولد التيار المتغير على عدة عوامل منها : -

١ - مقدار التدفق المغناطيسي

٢ - زمن القطع للخطوط المغناطيسية .

٣ - معامل شكل الوجه الحبيبية .

٤ - معامل العرض ومعامل خطوة اللف .

وهذا المعامل الأخير يرتبط ارتباطاً وثيقاً بحجم الملفات ومدى إرتباطها بالأقطاب المغناطيسية - وكذلك خطوة اللف لها .

وحتى نستطيع فهم قيمة القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في المنتج لابد أن نعرف ما يأتى :

٢٧، ٤ معامل العرض Breadth Factor : -

من دراستنا للف عضو الإستنتاج قد شاهدنا أن ملفات المنتج توزع على محيط المنتج وتوضع الملفات في مجارى وعدد لفات الوجه الواحد لكل قطب يتعذر وضعها في مجرى واحدة - ولذلك توزع ملفات كل وجه تحت كل قطب على عدد من المجارى - وهذا يساعد على تحسين الموجة الجيبية للقوة الدافعة الكهربائية المتولدة .

وإن أمكن حساب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في موصلات المجرى الواحد فإنه لا يمكن جمع القوى الكهربائية في كل مجرى حيث أنه يوجد فرق في الوجه بين القوة الدافعة الكهربائية في المجارى المختلفة .

وتكون القوة الدافعة الكهربائية لكل وجه عبارة عن المجموع الجبرى للقوى المتولدة في موصلات هذا الوجه - وتكون أقل من المجموع الحسابى الذى يحصل عليه إذا ما وضعت لفات الوجه الواحد في مجرى واحده لكل قطب .

فمثلا إذا كان عدد المجارى لكل قطب لكل وجه = ٢ مجرى فإن عدد المجارى الكلية للثلاثة أوجه تحت القطب الواحد =  $2 \times 3 = 6$  مجرى ويكون

$$\frac{\text{زاوية القطب الواحد}}{\text{عدد المجارى}} = \text{الفرق في الوجه بين كل مجرتين متتاليتين}$$



$$^{\circ} 30 = \frac{180}{\gamma} =$$

فإذا كانت  $\psi = 90^\circ$  . لـ المتولدة في موصلات الجرى الواحدة .

فإن  $\psi =$  محصلة الـ . لـ المتولدة في مجرتين

إذا  $\alpha$  لا تساوى ضعف  $\alpha$  حيث أن  $\alpha$

تصنع مع  $\alpha$  زاوية مقدار  $20^\circ$  كما في شكل ٤/٤٦

فإذا رمزنا لعدد المجارى التى توزع عليها جوانب ملفات الوجه الواحد تحت كل قطب بالرمز  $\gamma$  ( أى عدد المجارى المتجاورة لكل وجه لكل قطب ) .

فإن النسبة بين :

$$\frac{\text{محصلة الـ . لـ المتولدة في الموصلات الموضوعة في } \gamma \text{ من المجارى}}{\gamma \times \text{لـ المتولدة في موصلات الجرى الواحدة}}$$

هذه النسبة تسمى معامل العرض ويرمز له بالرمز  $\epsilon$

وإذا رمزنا لمحصلة الـ . لـ المتولدة في مجارى الوجه الواحد تحت كل

قطب بالرمز  $\psi$  .

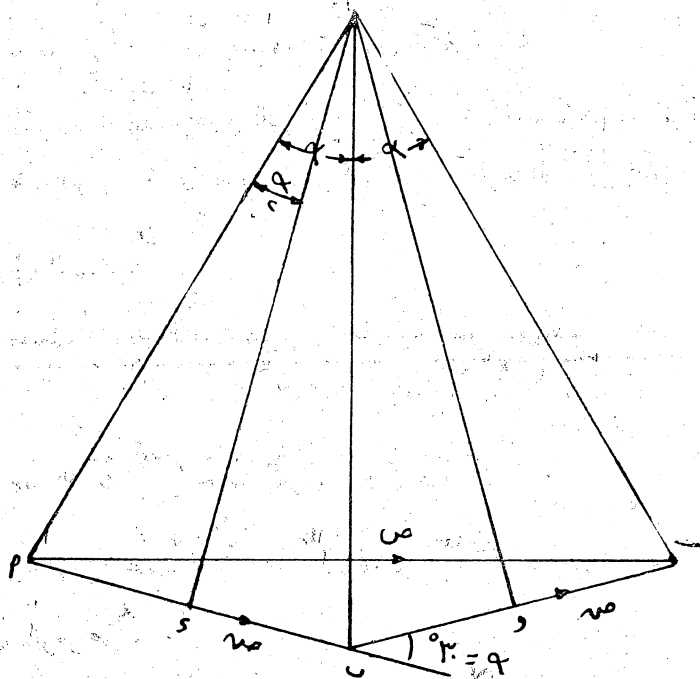
$\gamma$  رمزنا لـ . لـ المتولدة في موصلات الجرى الواحدة بالرمز  $\psi$

$$\therefore \text{معامل العرض } \epsilon = \frac{\psi}{\gamma \psi}$$

ويكون هذا المعامل مساوى للوحدة إذ كانت لفات كل وجه تحت قطب مركزه في مجرى واحدة ويكون هذا المعامل أقل من الوحدة إذا كان اللف موزعا على عدة مجارى — وواضح أن قيمة هذا المعامل تنخفض كلما زادت عدد المجارى

٣٠ = ∞ الزاوية ∞

فإذا أقمنا أعمدة من منتصف ا ب ج ح لتقابل في م مثل ك و غ وم  
ثم وصلنا ا =، م ب ج م ح فإن > ا م ب > م ب ج = ∞ = ٣٠



شكل ٦/٤ : موجبات الضغط في مجازى الوجه الواحد تحت كل قطب = ٢ مجرى  
لحساب معامل الفرس .

$$\therefore \Delta \text{ ام و قيه اس } = \text{ ام ح } - \frac{\infty}{2}$$

$$(1) \lim_{x \rightarrow 1} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{f(1)}{g(1)} = \frac{0}{0} \therefore$$

(۲)  $\therefore ۱۲ھ = ۱۲ھ = ۱۲ھ = ۱۲ھ$

∴ معامل العرض مع  $\frac{ض}{ص}$

$$\frac{\infty \text{ حا}}{\frac{\infty}{\frac{1}{2} \text{ حا}}} = \frac{\infty \text{ م } ۱۲}{\frac{\infty}{\frac{1}{2} \text{ م } ۱۲} \times ۲} = \dots \therefore \text{معامل العرص مع}$$

وفي حالة  $\infty = 30^\circ$

$$\therefore 966 = \frac{30}{209 \times 2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ ح } 2 = \therefore \text{معامل العرض مسع}$$

وبالمثل إذا كان عدد المجاري لكل قطب وجه هو ٣ مجرى بدلا من اثنين

فإن زاوية الوجه  $\frac{180}{9} = 20^\circ$  كما في شكل ٤٠/٤٧

$$\text{في } \Delta \text{ ام م فيه ام} = \text{ام ح} - \frac{\infty}{2}$$

$$(1) \frac{\infty}{2} \text{ م } 12 = 512 = 1 = \text{ص} \therefore$$

وفي المثال ١ وفيه  $a = 3$  أم  $a = 2$

$$\therefore \text{ض} = \text{ا} = \text{ه} = \text{ز} = \frac{\infty^3}{2} \text{ حا } \quad (٢)$$

من المعادلتين (١)، (٢)

$$\therefore \text{معامل العرض مسم} = \frac{\text{ض}}{\text{ص}^3}$$

$$\frac{\frac{\infty^3}{2} \text{ حا } \quad \text{ا} \quad \text{ه} \quad \text{ز}}{2} = \frac{\frac{\infty^3}{2} \text{ حا } \times 3}{2}$$

$$\frac{\frac{\infty^3}{2} \text{ حا } \quad \text{ا} \quad \text{ه} \quad \text{ز}}{\frac{\infty^3}{2} \text{ حا } \times 3} = \frac{\frac{\infty^3}{2} \text{ حا } \quad \text{ا} \quad \text{ه} \quad \text{ز}}{\frac{\infty^3}{2} \text{ حا } \times 3} =$$

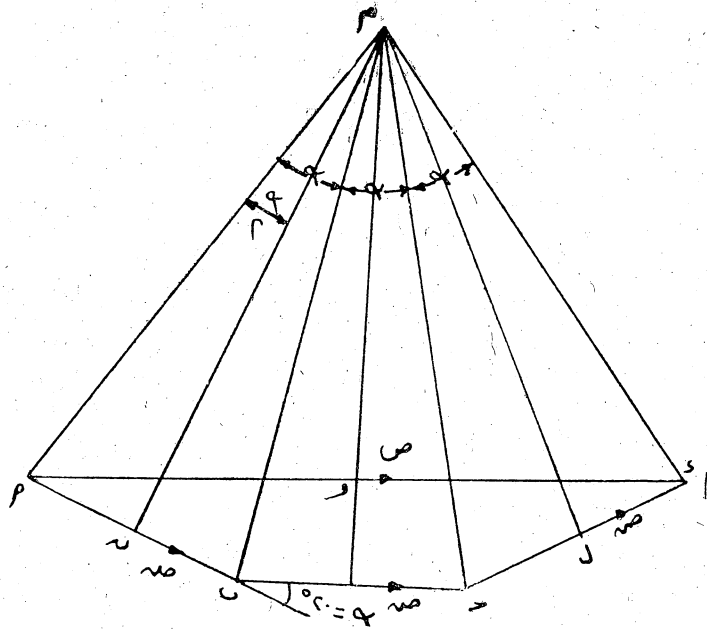
$$\therefore \text{مسم} = 96$$

من القانونين السابقين يمكن الحصول على قانون عام لمعامل العرض

فإذا كان عدد المجارى لكل قطب لكل وجه =  $\infty$

وزاوية الوجه بين كل مجرتين متجاورتين =  $\infty^\circ$  كهربائية

$$\therefore \text{معامل العرض مسم} = \frac{\frac{\infty^3}{2} \text{ حا } \quad \text{ا} \quad \text{ه} \quad \text{ز}}{\frac{\infty^3}{2} \text{ حا } \times 3}$$



شكل ٤/٧ موجبات الضغط في مجارى الوجه الواحد تحت كل قطب = ٣ مجارى  
لحساب معامل القوس .

قيمة معامل العرض لعدد المجارى لكل قطب لكل وجه (س)

عدد المجارى لكل قطب لكل وجه (س) ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦

معامل العرض سمع ١ ٠,٩٦٦ ٠,٩٦ ٠,٩٥٨ ٠,٩٥٧ ٠,٩٥٦  
وذلك لمولدات الثلاثة أوجه .

٤٢٨ معامل الخطوة للملف  $\text{Coil span Factor}$  :

عندما تكون خطوة الملف أصغر قليلاً من الخطوة القطبية ويساعد ذلك على  
تحسين موجه الضغط — وعلى ذلك يوجد اختلاف في الوجه بين القوة الدافعة  
الكهربائية المتولدة في ضلعي الملف الواحد ويترتب على ذلك أيضاً أن تكون  
محصلة القوة الدافعة الكهربائية في الضلعين أقل من المجموع الحسابي لهما وتسمى

النسبة بين المحصلة والمجموع الحسابي للقونين الدافعين المتولدتين في الضلعين بمعامل خطوة الملف ويرمز له بالرمز  $\mu$  خ وإذا رمزنا لزاوية الوجه بين القوة الدافعة الكهربية المتولدة في ضلعي الملف  $B$  فإن معامل خطوة القطب يمكن الحصول عليه كما في شكل ٤-٤٨ .

$$\mu = \frac{B}{2} \text{ جتا } \alpha$$

$$\therefore \mu = \frac{B}{2} \text{ جتا } \alpha = \frac{B}{2} \text{ جتا } \alpha$$

$$\therefore \text{معامل خطوة الملف} = \frac{\mu}{2}$$

$$\therefore \mu = 2$$

$$\therefore \text{معامل خطوة الملف} = \frac{\frac{B}{2} \text{ جتا } \alpha}{2}$$

$$\therefore \mu = \frac{B}{2} \text{ جتا } \alpha$$

نستطيع الآن أن نوجد  $\omega$  .  $\epsilon$  .  $\lambda$  . في مولدات التيار المتغير .

نفرض أن سرعة دور أن الأقطاب = لفة / ثانية

$$\therefore \text{الزمن الذي يستغرقه دوران المجال المغناطيسي للقطب الواحد} = \frac{1}{\omega}$$

من الثانية .

$\therefore$  الزمن اللازم لكي يقطع التدفق الكلي لقطب واحد أحد الموصلات (ز)

$$\frac{1}{\omega} = \dots$$

ويكون كل موصل قد قطع من التدفق المغناطيسي لقطب واحد في زمن

$$\frac{1}{\omega} \text{ مقداره}$$

$$\therefore \omega \cdot \epsilon \cdot \text{لك المتولدة في موصل واحد} = \phi \times \omega \times 10^{-8} \text{ فولت}$$

$$\therefore \omega \cdot \epsilon \cdot \text{لك « في وجه واحد به موصل } = \phi \times \omega \times 10^{-8} \text{ فولت}$$

$$\text{وكما سبق القول أنت } \frac{\omega \times \phi}{2} \therefore \omega \cdot \epsilon = 2 \text{ ت}$$

وأن القيمة الفعالة لـ  $\omega \cdot \epsilon \cdot \text{لك المتولدة في الوجه الواحد} = \text{القيمة}$   
المتوسط  $\times \omega \cdot \epsilon$

$$\therefore \text{القيمة الفعالة لـ } \omega \cdot \epsilon \cdot \text{لك المتولدة في الوجه الواحد} = \omega \cdot \epsilon \cdot \phi \times 2 \times 10^{-8} \text{ فولت}$$

وإذا كان معامل العرض  $\omega \cdot \epsilon$  ومعامل خطوة الملف  $\phi$

$\therefore$  القيمة الفعالة لـ  $\omega \cdot \epsilon \cdot \text{لك المتولدة في وجه واحد} : --$

$$\omega \cdot \epsilon \cdot \text{لك للوجه الواحد} = 2 \times \omega \cdot \epsilon \times \phi \times 10^{-8} \text{ فولت}$$

وإذا كانت موجة الـ  $\omega \cdot \epsilon \cdot \text{لك المتولدة على شكل منحني جيبي فإن } \omega \cdot \epsilon = 1,11$

$$\therefore \omega \cdot \epsilon \cdot \text{لك المتولدة في وجه واحد} = 2,22 \times \omega \cdot \epsilon \times \phi \times 10^{-8} \text{ فولت}$$

## ٢٩٤ تأثير رد فعل عضو الاستنتاج وممانعة طلفاته :-

### Leakage Reaction

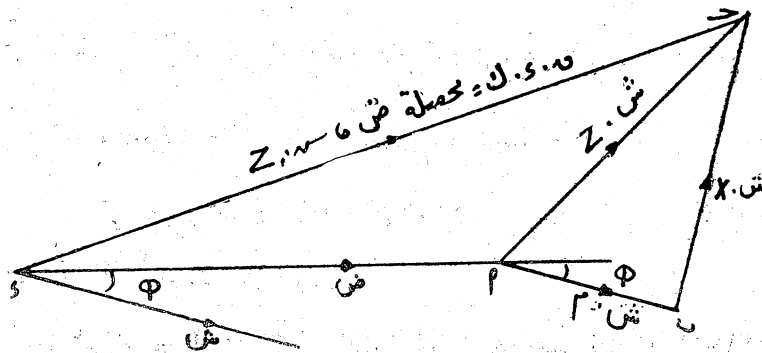
عند قفل دائرة المفتاح في مولد التيار المتغير يحمل خارجي — فإنه يمر في ملفات المفتاح تيار بسبب مجالاً مغناطيسياً له تأثير رد فعل عضو الاستنتاج ومشابه لتأثير الممانعة الاستنتاجية بسبب انخفاض الضغط على طرفي المولد أو إرتفاعه عن قيمة  $V$  . ك. المتولدة .

## ٢٩٥ الممانعة التوافقية : Synchronous Reaction

الممانعة التوافقية لمولد التيار المتغير هي مجموع الممانعة المعادلة لرد فعل عضو الاستنتاج — وممانعة ملفات المولد أن تأثير كل منهما على ضغط المولد مشابه للآخر .

## ٢٩٦ محصلة المقاومات التوافقية : Synchronous Impedance

شكل ٤/٤٨ يبين رسم موجّهات المولد في حاله تأخر تيار الحمل  $I_a$  عن الضغط على طرفي المولد  $V$  بزاوية مقدارها  $\phi$



شكل ٤/٨٤ الضغط على طرفي المولد والضغط المفقود في الممانعة التوافقية وعصلتهما

والمثلث  $abc$  يمثل محصلة الضغوط في الممانعة التوافقية حيث  $ab = I_a R_s$

$=$  الضغط المفقود في المقاومة المادية .



٦ ب ح =  $\omega . L$  = الضغط المفقود في المقاوم التأثيرية للمفات المنتج

٦ ح ا =  $Z . I$  = الضغط المفقود في الممانعة التوافقية

وحيث أن  $I$  =  $V$  = الضغط على طرفي المولد

فإن  $Z$  ح = محصلة  $Z$  ، ا ح أى محصلة الضغط على طرفي المولد والضغط

المفقود في المقاومات التوافقية .

### تنظيم مولدات التيار المتغير :

عند تحميل مولد التيار فإنه يمر تيار في ملفات المنتج للمولد فتسبب فقد في

مقاومات المنتج المختلفة - وإذا ما تغير الحمل على طرفي المولد يتغير الفقد وبالتالي

يتغير الضغط على أطرافه ويطلق على مقدار هذا التغير في الضغط اسم التنظيم .

ويعرف تنظيم الحمل الكامل بأنه مقدار التغير في الضغط على طرفي المولد الذي

يحدث عند رفع الحمل الكامل عن المولد وتحسب قيمته كنسبة مئوية من ضغط

المولد عند الحمل الكامل أى أن :

$$\text{تنظيم الحمل الكامل} = \frac{\text{الارتفاع في ضغط المولد عندما يرفع الحمل الكامل}}{\text{ضغط المولد عند الحمل الكامل}}$$

١٠٠ ×

وتوجد عدة طرق لحساب تنظيم مولد التيار المتغير دون أن يحمل بحمله

الكامل كما في طريقة محصلة المقاومات التوافقية أو طريقة الأمبيرات - وهى

خارج نطاق هذا الكتاب .

فقط يجب معرفة أن النسبة المئوية للمنظم تحسب كالآتى :-

$$\text{النسبة المئوية للمنظم} = \frac{V - I . Z}{V} \times 100$$

( م ١٩ - الكربائية )

حيث  $U$  .  $s$  .  $h$  . محصلة الضغط على طرفي المولد والضغط المفقود في محصلة  
المقاومات التوافقية .

٦ ص هو الضغط على طرفي المولد

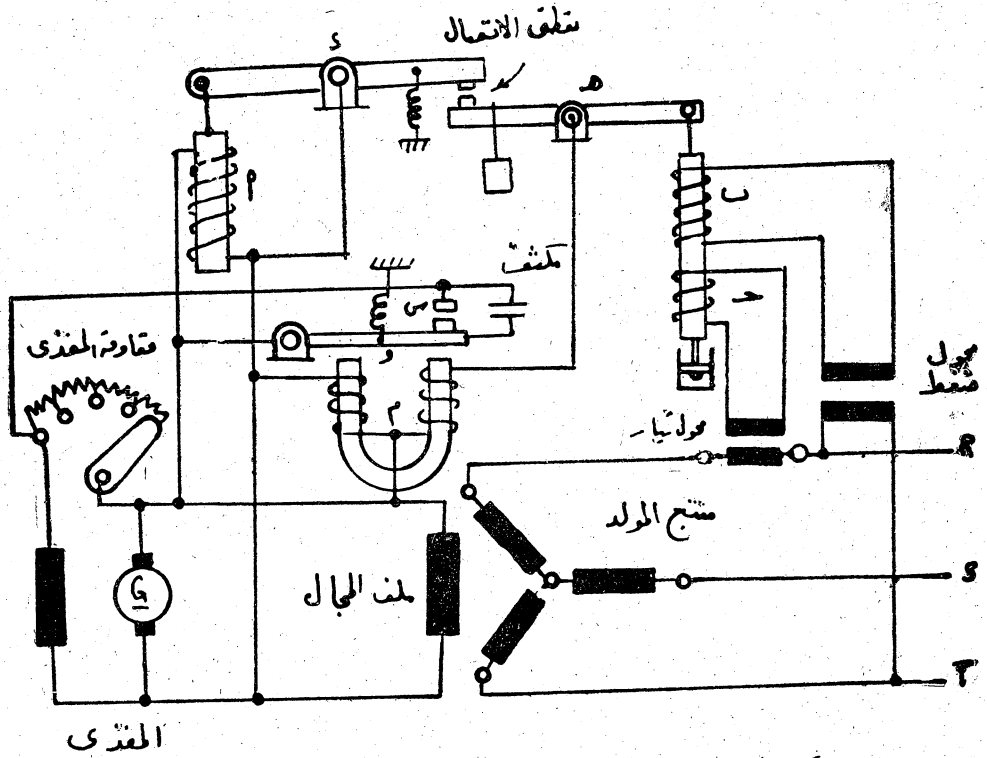
### ٤٣٠ تنظيم الضغط في مولد التيار المتغير أوتوماتيكى

إن تغير الحمل على هذه المولدات يسبب تغيراً في ضغط هذه المولدات — كما سبق  
التلميح بذلك وهذا أمر غير مرغوب فيه — وكما نعلم في مولدات التيار المستمر  
أن تيار الحمل يؤثر على ضغط المولد بسبب تغير رد فعل عضو الاستنتاج ويستعمل  
لتنظيم الضغط بها مقاومة تسمى مقاومة تنظيم الضغط تتصل بدائرة عضو التنبيه .

أما في مولدات التيار المتغير فينظم الضغط بها بواسطة تغيير ضغط المغذى  
الذى يغذى أقطاب عضو التنبيه ويقصد بتنظيم الضغط هنا أى حفظه ثابتاً وتنظيم  
الضغط يدوياً غير عملى بسبب تغير الأحمال في كل ساعات النهار والليل وبحسب  
طبيعة الاستهلاك . وفي هذه الحالة لا يصلح التنظيم باليد — ولذلك تستخدم  
منظمات أوماتيكية تشتمل تلقائياً مثل منظم ترل Titril Regulator ومنظم  
براون بوفيرى Brown Boveri Regulator .

### ٤٣٠١ منظم ترل :

الرسم يبين منظم ترل متصل بالمولد المراد تنظيم الضغط به — والملف  
مغناطيسى  $A$  متصل بالتوازي مع المولد المغذى ومثبت بأحد طرفي الرافعة  $s$  والملف  
المغناطيسى  $B$  متصل بمحول ضغط والملف المغناطيسى  $C$  متصل بمحول تيار وكلا  
المحولين متصلين بخرج المولد والملفان  $B$  و  $C$  مركبان حول قلب حديدى واحد  
متصل بالرافعة  $h$  أما الملف المغناطيسى  $M$  على شكل حذاء الفرس فيشتغل كتمم  
ويوجد على فرعيه ملفين لهما تأثير على الرافعة  $s$  وليتحكم في نقطتي تماس متصل  
معهما مكثف .



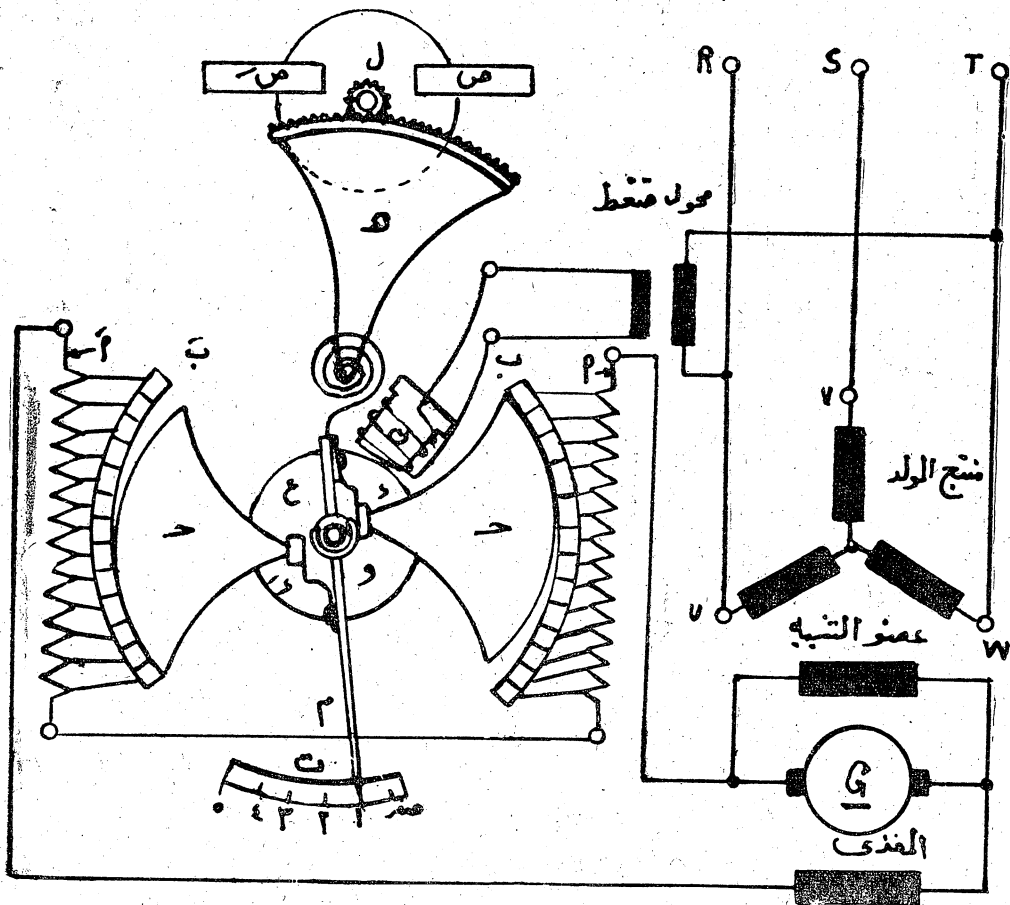
شكل ٤/٩ منظم ترل ومتصل بمولد ثلاثة أوجه لتنظيم الضغط به أتوماتيكيا

### ٢٣٠٤ عمل منظم ترل :

يتصل الملفان ب و ج إلى خرج المولد عن طريق محول ضغط و تيار على الترتيب وملف الضغط ب يعمل عكس ملف التيار ج فعندما يجذب ملف الضغط القلب إلى أعلى يجذب ملف التيار القلب إلى أسفل فعندما يكون تيار المولد وضغطه في حالة طبيعية يكون تأثير الملفين ب و ج متعادلا — أما إذا زاد التيار بسبب زيادة الحمل ونقص الضغط تبعاً لذلك فإن الرافعة هـ يجذب طرفها اليمين إلى أسفل وطرفها الشمال إلى أعلى فتتقل فتقطي الاتصال بين الرافعتين د و هـ فيتم قصر دائرة الملف المغناطيسي م (المتعم) فيتعبد عنه الرافعة وبثأثير الياى وتتصل نقطتا التلامس س وبذلك تقصر مقاومة تنظيم الضغط للمغذى — وبذلك يزيد تيار التنبيه ليعوض إنخفاض الضغط في المولد الرئيسى — وبسبب إرتفاع ضغط المولد

المغذى يجذب ١ إلى أسفل فتفتح نقطتي التلامس في الرافعتين ٤ و ٥ وترجع دائرة مقاومة المغذى كما كانت ويقل تيار القنبيه - وفائدة المكثف على نقطتي التلامس من لتقليل الشرر الذي يحدث نتيجة الفتح والقفل أما الزنبرك المثبت تحت الرافعة ٤ وكذلك الثقل المعلق بالرافعة ٥ فتستخدم لتنظيم حركة الروافع لإحداث توازن ضد القوى المغناطيسية للملفات ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٧ ١٨ ١٩ ٢٠ ٢١ ٢٢ ٢٣ ٢٤ ٢٥ ٢٦ ٢٧ ٢٨ ٢٩ ٣٠ ٣١ ٣٢ ٣٣ ٣٤ ٣٥ ٣٦ ٣٧ ٣٨ ٣٩ ٤٠ ٤١ ٤٢ ٤٣ ٤٤ ٤٥ ٤٦ ٤٧ ٤٨ ٤٩ ٥٠ ٥١ ٥٢ ٥٣ ٥٤ ٥٥ ٥٦ ٥٧ ٥٨ ٥٩ ٦٠ ٦١ ٦٢ ٦٣ ٦٤ ٦٥ ٦٦ ٦٧ ٦٨ ٦٩ ٧٠ ٧١ ٧٢ ٧٣ ٧٤ ٧٥ ٧٦ ٧٧ ٧٨ ٧٩ ٨٠ ٨١ ٨٢ ٨٣ ٨٤ ٨٥ ٨٦ ٨٧ ٨٨ ٨٩ ٩٠ ٩١ ٩٢ ٩٣ ٩٤ ٩٥ ٩٦ ٩٧ ٩٨ ٩٩ ١٠٠ ١٠١ ١٠٢ ١٠٣ ١٠٤ ١٠٥ ١٠٦ ١٠٧ ١٠٨ ١٠٩ ١١٠ ١١١ ١١٢ ١١٣ ١١٤ ١١٥ ١١٦ ١١٧ ١١٨ ١١٩ ١٢٠ ١٢١ ١٢٢ ١٢٣ ١٢٤ ١٢٥ ١٢٦ ١٢٧ ١٢٨ ١٢٩ ١٣٠ ١٣١ ١٣٢ ١٣٣ ١٣٤ ١٣٥ ١٣٦ ١٣٧ ١٣٨ ١٣٩ ١٤٠ ١٤١ ١٤٢ ١٤٣ ١٤٤ ١٤٥ ١٤٦ ١٤٧ ١٤٨ ١٤٩ ١٥٠ ١٥١ ١٥٢ ١٥٣ ١٥٤ ١٥٥ ١٥٦ ١٥٧ ١٥٨ ١٥٩ ١٦٠ ١٦١ ١٦٢ ١٦٣ ١٦٤ ١٦٥ ١٦٦ ١٦٧ ١٦٨ ١٦٩ ١٧٠ ١٧١ ١٧٢ ١٧٣ ١٧٤ ١٧٥ ١٧٦ ١٧٧ ١٧٨ ١٧٩ ١٨٠ ١٨١ ١٨٢ ١٨٣ ١٨٤ ١٨٥ ١٨٦ ١٨٧ ١٨٨ ١٨٩ ١٩٠ ١٩١ ١٩٢ ١٩٣ ١٩٤ ١٩٥ ١٩٦ ١٩٧ ١٩٨ ١٩٩ ٢٠٠ ٢٠١ ٢٠٢ ٢٠٣ ٢٠٤ ٢٠٥ ٢٠٦ ٢٠٧ ٢٠٨ ٢٠٩ ٢١٠ ٢١١ ٢١٢ ٢١٣ ٢١٤ ٢١٥ ٢١٦ ٢١٧ ٢١٨ ٢١٩ ٢٢٠ ٢٢١ ٢٢٢ ٢٢٣ ٢٢٤ ٢٢٥ ٢٢٦ ٢٢٧ ٢٢٨ ٢٢٩ ٢٣٠ ٢٣١ ٢٣٢ ٢٣٣ ٢٣٤ ٢٣٥ ٢٣٦ ٢٣٧ ٢٣٨ ٢٣٩ ٢٤٠ ٢٤١ ٢٤٢ ٢٤٣ ٢٤٤ ٢٤٥ ٢٤٦ ٢٤٧ ٢٤٨ ٢٤٩ ٢٥٠ ٢٥١ ٢٥٢ ٢٥٣ ٢٥٤ ٢٥٥ ٢٥٦ ٢٥٧ ٢٥٨ ٢٥٩ ٢٦٠ ٢٦١ ٢٦٢ ٢٦٣ ٢٦٤ ٢٦٥ ٢٦٦ ٢٦٧ ٢٦٨ ٢٦٩ ٢٧٠ ٢٧١ ٢٧٢ ٢٧٣ ٢٧٤ ٢٧٥ ٢٧٦ ٢٧٧ ٢٧٨ ٢٧٩ ٢٨٠ ٢٨١ ٢٨٢ ٢٨٣ ٢٨٤ ٢٨٥ ٢٨٦ ٢٨٧ ٢٨٨ ٢٨٩ ٢٩٠ ٢٩١ ٢٩٢ ٢٩٣ ٢٩٤ ٢٩٥ ٢٩٦ ٢٩٧ ٢٩٨ ٢٩٩ ٣٠٠ ٣٠١ ٣٠٢ ٣٠٣ ٣٠٤ ٣٠٥ ٣٠٦ ٣٠٧ ٣٠٨ ٣٠٩ ٣١٠ ٣١١ ٣١٢ ٣١٣ ٣١٤ ٣١٥ ٣١٦ ٣١٧ ٣١٨ ٣١٩ ٣٢٠ ٣٢١ ٣٢٢ ٣٢٣ ٣٢٤ ٣٢٥ ٣٢٦ ٣٢٧ ٣٢٨ ٣٢٩ ٣٣٠ ٣٣١ ٣٣٢ ٣٣٣ ٣٣٤ ٣٣٥ ٣٣٦ ٣٣٧ ٣٣٨ ٣٣٩ ٣٤٠ ٣٤١ ٣٤٢ ٣٤٣ ٣٤٤ ٣٤٥ ٣٤٦ ٣٤٧ ٣٤٨ ٣٤٩ ٣٥٠ ٣٥١ ٣٥٢ ٣٥٣ ٣٥٤ ٣٥٥ ٣٥٦ ٣٥٧ ٣٥٨ ٣٥٩ ٣٦٠ ٣٦١ ٣٦٢ ٣٦٣ ٣٦٤ ٣٦٥ ٣٦٦ ٣٦٧ ٣٦٨ ٣٦٩ ٣٧٠ ٣٧١ ٣٧٢ ٣٧٣ ٣٧٤ ٣٧٥ ٣٧٦ ٣٧٧ ٣٧٨ ٣٧٩ ٣٨٠ ٣٨١ ٣٨٢ ٣٨٣ ٣٨٤ ٣٨٥ ٣٨٦ ٣٨٧ ٣٨٨ ٣٨٩ ٣٩٠ ٣٩١ ٣٩٢ ٣٩٣ ٣٩٤ ٣٩٥ ٣٩٦ ٣٩٧ ٣٩٨ ٣٩٩ ٤٠٠ ٤٠١ ٤٠٢ ٤٠٣ ٤٠٤ ٤٠٥ ٤٠٦ ٤٠٧ ٤٠٨ ٤٠٩ ٤١٠ ٤١١ ٤١٢ ٤١٣ ٤١٤ ٤١٥ ٤١٦ ٤١٧ ٤١٨ ٤١٩ ٤٢٠ ٤٢١ ٤٢٢ ٤٢٣ ٤٢٤ ٤٢٥ ٤٢٦ ٤٢٧ ٤٢٨ ٤٢٩ ٤٣٠ ٤٣١ ٤٣٢ ٤٣٣ ٤٣٤ ٤٣٥ ٤٣٦ ٤٣٧ ٤٣٨ ٤٣٩ ٤٤٠ ٤٤١ ٤٤٢ ٤٤٣ ٤٤٤ ٤٤٥ ٤٤٦ ٤٤٧ ٤٤٨ ٤٤٩ ٤٥٠ ٤٥١ ٤٥٢ ٤٥٣ ٤٥٤ ٤٥٥ ٤٥٦ ٤٥٧ ٤٥٨ ٤٥٩ ٤٦٠ ٤٦١ ٤٦٢ ٤٦٣ ٤٦٤ ٤٦٥ ٤٦٦ ٤٦٧ ٤٦٨ ٤٦٩ ٤٧٠ ٤٧١ ٤٧٢ ٤٧٣ ٤٧٤ ٤٧٥ ٤٧٦ ٤٧٧ ٤٧٨ ٤٧٩ ٤٨٠ ٤٨١ ٤٨٢ ٤٨٣ ٤٨٤ ٤٨٥ ٤٨٦ ٤٨٧ ٤٨٨ ٤٨٩ ٤٩٠ ٤٩١ ٤٩٢ ٤٩٣ ٤٩٤ ٤٩٥ ٤٩٦ ٤٩٧ ٤٩٨ ٤٩٩ ٥٠٠ ٥٠١ ٥٠٢ ٥٠٣ ٥٠٤ ٥٠٥ ٥٠٦ ٥٠٧ ٥٠٨ ٥٠٩ ٥١٠ ٥١١ ٥١٢ ٥١٣ ٥١٤ ٥١٥ ٥١٦ ٥١٧ ٥١٨ ٥١٩ ٥٢٠ ٥٢١ ٥٢٢ ٥٢٣ ٥٢٤ ٥٢٥ ٥٢٦ ٥٢٧ ٥٢٨ ٥٢٩ ٥٣٠ ٥٣١ ٥٣٢ ٥٣٣ ٥٣٤ ٥٣٥ ٥٣٦ ٥٣٧ ٥٣٨ ٥٣٩ ٥٤٠ ٥٤١ ٥٤٢ ٥٤٣ ٥٤٤ ٥٤٥ ٥٤٦ ٥٤٧ ٥٤٨ ٥٤٩ ٥٥٠ ٥٥١ ٥٥٢ ٥٥٣ ٥٥٤ ٥٥٥ ٥٥٦ ٥٥٧ ٥٥٨ ٥٥٩ ٥٦٠ ٥٦١ ٥٦٢ ٥٦٣ ٥٦٤ ٥٦٥ ٥٦٦ ٥٦٧ ٥٦٨ ٥٦٩ ٥٧٠ ٥٧١ ٥٧٢ ٥٧٣ ٥٧٤ ٥٧٥ ٥٧٦ ٥٧٧ ٥٧٨ ٥٧٩ ٥٨٠ ٥٨١ ٥٨٢ ٥٨٣ ٥٨٤ ٥٨٥ ٥٨٦ ٥٨٧ ٥٨٨ ٥٨٩ ٥٩٠ ٥٩١ ٥٩٢ ٥٩٣ ٥٩٤ ٥٩٥ ٥٩٦ ٥٩٧ ٥٩٨ ٥٩٩ ٦٠٠ ٦٠١ ٦٠٢ ٦٠٣ ٦٠٤ ٦٠٥ ٦٠٦ ٦٠٧ ٦٠٨ ٦٠٩ ٦١٠ ٦١١ ٦١٢ ٦١٣ ٦١٤ ٦١٥ ٦١٦ ٦١٧ ٦١٨ ٦١٩ ٦٢٠ ٦٢١ ٦٢٢ ٦٢٣ ٦٢٤ ٦٢٥ ٦٢٦ ٦٢٧ ٦٢٨ ٦٢٩ ٦٣٠ ٦٣١ ٦٣٢ ٦٣٣ ٦٣٤ ٦٣٥ ٦٣٦ ٦٣٧ ٦٣٨ ٦٣٩ ٦٤٠ ٦٤١ ٦٤٢ ٦٤٣ ٦٤٤ ٦٤٥ ٦٤٦ ٦٤٧ ٦٤٨ ٦٤٩ ٦٥٠ ٦٥١ ٦٥٢ ٦٥٣ ٦٥٤ ٦٥٥ ٦٥٦ ٦٥٧ ٦٥٨ ٦٥٩ ٦٦٠ ٦٦١ ٦٦٢ ٦٦٣ ٦٦٤ ٦٦٥ ٦٦٦ ٦٦٧ ٦٦٨ ٦٦٩ ٦٧٠ ٦٧١ ٦٧٢ ٦٧٣ ٦٧٤ ٦٧٥ ٦٧٦ ٦٧٧ ٦٧٨ ٦٧٩ ٦٨٠ ٦٨١ ٦٨٢ ٦٨٣ ٦٨٤ ٦٨٥ ٦٨٦ ٦٨٧ ٦٨٨ ٦٨٩ ٦٩٠ ٦٩١ ٦٩٢ ٦٩٣ ٦٩٤ ٦٩٥ ٦٩٦ ٦٩٧ ٦٩٨ ٦٩٩ ٧٠٠ ٧٠١ ٧٠٢ ٧٠٣ ٧٠٤ ٧٠٥ ٧٠٦ ٧٠٧ ٧٠٨ ٧٠٩ ٧١٠ ٧١١ ٧١٢ ٧١٣ ٧١٤ ٧١٥ ٧١٦ ٧١٧ ٧١٨ ٧١٩ ٧٢٠ ٧٢١ ٧٢٢ ٧٢٣ ٧٢٤ ٧٢٥ ٧٢٦ ٧٢٧ ٧٢٨ ٧٢٩ ٧٣٠ ٧٣١ ٧٣٢ ٧٣٣ ٧٣٤ ٧٣٥ ٧٣٦ ٧٣٧ ٧٣٨ ٧٣٩ ٧٤٠ ٧٤١ ٧٤٢ ٧٤٣ ٧٤٤ ٧٤٥ ٧٤٦ ٧٤٧ ٧٤٨ ٧٤٩ ٧٥٠ ٧٥١ ٧٥٢ ٧٥٣ ٧٥٤ ٧٥٥ ٧٥٦ ٧٥٧ ٧٥٨ ٧٥٩ ٧٦٠ ٧٦١ ٧٦٢ ٧٦٣ ٧٦٤ ٧٦٥ ٧٦٦ ٧٦٧ ٧٦٨ ٧٦٩ ٧٧٠ ٧٧١ ٧٧٢ ٧٧٣ ٧٧٤ ٧٧٥ ٧٧٦ ٧٧٧ ٧٧٨ ٧٧٩ ٧٨٠ ٧٨١ ٧٨٢ ٧٨٣ ٧٨٤ ٧٨٥ ٧٨٦ ٧٨٧ ٧٨٨ ٧٨٩ ٧٩٠ ٧٩١ ٧٩٢ ٧٩٣ ٧٩٤ ٧٩٥ ٧٩٦ ٧٩٧ ٧٩٨ ٧٩٩ ٨٠٠ ٨٠١ ٨٠٢ ٨٠٣ ٨٠٤ ٨٠٥ ٨٠٦ ٨٠٧ ٨٠٨ ٨٠٩ ٨١٠ ٨١١ ٨١٢ ٨١٣ ٨١٤ ٨١٥ ٨١٦ ٨١٧ ٨١٨ ٨١٩ ٨٢٠ ٨٢١ ٨٢٢ ٨٢٣ ٨٢٤ ٨٢٥ ٨٢٦ ٨٢٧ ٨٢٨ ٨٢٩ ٨٣٠ ٨٣١ ٨٣٢ ٨٣٣ ٨٣٤ ٨٣٥ ٨٣٦ ٨٣٧ ٨٣٨ ٨٣٩ ٨٤٠ ٨٤١ ٨٤٢ ٨٤٣ ٨٤٤ ٨٤٥ ٨٤٦ ٨٤٧ ٨٤٨ ٨٤٩ ٨٥٠ ٨٥١ ٨٥٢ ٨٥٣ ٨٥٤ ٨٥٥ ٨٥٦ ٨٥٧ ٨٥٨ ٨٥٩ ٨٦٠ ٨٦١ ٨٦٢ ٨٦٣ ٨٦٤ ٨٦٥ ٨٦٦ ٨٦٧ ٨٦٨ ٨٦٩ ٨٧٠ ٨٧١ ٨٧٢ ٨٧٣ ٨٧٤ ٨٧٥ ٨٧٦ ٨٧٧ ٨٧٨ ٨٧٩ ٨٨٠ ٨٨١ ٨٨٢ ٨٨٣ ٨٨٤ ٨٨٥ ٨٨٦ ٨٨٧ ٨٨٨ ٨٨٩ ٨٩٠ ٨٩١ ٨٩٢ ٨٩٣ ٨٩٤ ٨٩٥ ٨٩٦ ٨٩٧ ٨٩٨ ٨٩٩ ٩٠٠ ٩٠١ ٩٠٢ ٩٠٣ ٩٠٤ ٩٠٥ ٩٠٦ ٩٠٧ ٩٠٨ ٩٠٩ ٩١٠ ٩١١ ٩١٢ ٩١٣ ٩١٤ ٩١٥ ٩١٦ ٩١٧ ٩١٨ ٩١٩ ٩٢٠ ٩٢١ ٩٢٢ ٩٢٣ ٩٢٤ ٩٢٥ ٩٢٦ ٩٢٧ ٩٢٨ ٩٢٩ ٩٣٠ ٩٣١ ٩٣٢ ٩٣٣ ٩٣٤ ٩٣٥ ٩٣٦ ٩٣٧ ٩٣٨ ٩٣٩ ٩٤٠ ٩٤١ ٩٤٢ ٩٤٣ ٩٤٤ ٩٤٥ ٩٤٦ ٩٤٧ ٩٤٨ ٩٤٩ ٩٥٠ ٩٥١ ٩٥٢ ٩٥٣ ٩٥٤ ٩٥٥ ٩٥٦ ٩٥٧ ٩٥٨ ٩٥٩ ٩٦٠ ٩٦١ ٩٦٢ ٩٦٣ ٩٦٤ ٩٦٥ ٩٦٦ ٩٦٧ ٩٦٨ ٩٦٩ ٩٧٠ ٩٧١ ٩٧٢ ٩٧٣ ٩٧٤ ٩٧٥ ٩٧٦ ٩٧٧ ٩٧٨ ٩٧٩ ٩٨٠ ٩٨١ ٩٨٢ ٩٨٣ ٩٨٤ ٩٨٥ ٩٨٦ ٩٨٧ ٩٨٨ ٩٨٩ ٩٩٠ ٩٩١ ٩٩٢ ٩٩٣ ٩٩٤ ٩٩٥ ٩٩٦ ٩٩٧ ٩٩٨ ٩٩٩ ١٠٠٠

٣٠٣٤ منظم برون بوفرى :



شكل ٤٠٠/٤ جهاز برون بوفرى لتنظيم الضغط أوتوماتيكياً

الرسم يبين منظم برون بوفرى متصلاً بالمولد المراد تنظيم ضغطه أوتوماتيكياً

وهو يتكون من صفيين من شرائح الفضة ثابت على شكل قوسين في دائرة مركزها ع ويتصل بهذه الشرائح من الجهتين مقاومتين  $A$  و  $B$  يتصلان معاً ويتصلان بالتوالي مع ملفات تنبيه المغذى ويكونان بمثابة مقاومة لتنظيم الضغط ويلامس سطحاً شرائح النحاس من الداخل قوسين ص دائرة هـ حـ و هـ ذين السطحين بهما حز أى مجرى بسمك القوسين ممكن أن يتحرك منها القوسين حتى يحكما حركة القوسين حـ و حـ وقرب المحور يكون للقوسين سنتين مديتين يرتكزان على داخل كرسي من العقيق و و يثبتان على المحور ع بياين ويثبت في المحور قرص من الألومنيوم و وفي منتصفه يـاى لعمل على إرجاع القوسين حـ و حـ ويوجد قريب من القرص ملف مغناطيسي هـ يتصل بمحول ضغط ويتصل هذا المحول إلى القضبان العمومية  $R T$  ويتصل المحور من أسفل بمؤثر م يتحرك أمام تدريج ت ومن الطرف العلوى له يتصل بزبرك ومثبت مع القوس هـ الذى يرتكز على محور عند الزبرك وهذا القوس له أسنان مدببة لإدارة قوس الكبت ل الذى يتحرك بين قطبين مغناطيسين ثابتين عـ و صـ .

### ٤٠٣٠٤ عمل منظم بروو بوفرى :

عند إرتفاع الضغط عند خرج قضبان المولد يستفتح تيار كبير يغذى الملف المغناطيسي هـ الذى يعمل على إدارة القرص و كما في أجهزة القياس الإستنتاجية ويتحرك هذا القرص ضد تأثير الزبرك ع وفي الوضع المبيع بالرسم تكون المقاومات  $A$  أكبر ما يمكن وذلك بسبب إحراف القرص نتيجة إرتفاع ضغط خرج المولد فتدخل المقاومتان  $A$  ،  $B$  بالتوالي مع ملفات التنبيه للمغذى فيقل تيار التنبيه فينخفض الضغط ويمكن تصورا العكس عند نقصان الضغط تنقص المقاومة المتصلة بملفات التنبيه فيزيد تيار التنبيه وبذلك يزيد ضغط المولد .

ويمكن كبت حركة القرص بواسطة القوس هـ و قرص الكبت ل الذى يتحرك بين قطبين مغناطيسين ثابتين كما سبق القول .

## ٣١٤ مميزات آلات التيار المتغير ثلاثة أوجه عنه الوجه الواحد :

يكثر استعمال آلات التيار المتغير ثلاثة أوجه سواء في المحركات أو المولدات حيث أنها تفضل عن آلات الوجه الواحد وبالأخص في القدرات الكبيرة ويندر استعمال الآلات ذات الوجهين - وتتميز آلات الثلاثة أوجه بالمميزات الآتية :

١ - زيادة القدرة المأخوذة من مولدات الثلاثة أوجه عن مولدات الوجه الواحد المساوية لها في الحجم فإذا كان مولد الوجه الواحد قدرته :

• قدرة المولد وجه واحد = ص ٣١٠      نفرض أن معامل القدرة ١ صحيح

فإن قدرة المولد وجهان والمساوى له في الحجم 
$$= \frac{2}{\sqrt{3}} \text{ ص } ٣١٠ \text{ وات}$$

وقدرة المولد ثلاثة أوجه والمساوى له في الحجم 
$$= ١,٥ \text{ ص } ٣١٠ \text{ وات}$$

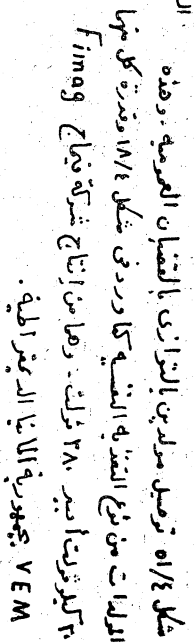
ولا يمكن زيادة القدرة أكثر من ١,٥٧ من قدرة الوجه الواحد مهما زاد عدد الأوجه وهذه الزيادة عن الثلاثة أوجه لا تساوى التعقيد المضاف كلما زادت عدد الأوجه ولذلك تفضل مولدات الثلاثة أوجه إذ قدرته  $= ١,٥$  قدرة المولد وجه واحد للمساوى له في الحجم والخواص .

٢ - تحتاج لخطوط نقل القدرة عند ثلاثة أوجه إلى موصلات ذات وزن أقل عند نقل نفس القدرة بوجه واحد .

٣ - إنقظام بدء عزم الدوران في محركات الثلاثة أوجه بعكس محركات الوجه الواحد .

٤ - محركات الثلاثة أوجه تبتدىء الدوران من تلقاء نفسها بدون وسائل بدء مساعدة أما محركات الوجه الواحد فلا تبدأ الدوران إلا بوسائل مساعدة .

٥ - يقع رد الفعل في عضو إستنتاج المولد وجه واحد بسبب الصعوبات



التي تلاقىها عند تشغيله بالتوازي مع مولدات أخرى = بينا مولدات الثلاثة أوجه  
فتمتغل بدون صعوبة تذكر .

### ٣٢٤ الفوائد الأساسية المستخرجة من توليد التيار المتغير :

عند إنشاء محطات توليد الطاقة الكهربائية - ويحدد قيمة القدرة الكاملة  
للمحطة - فلا تكون كل الطاقة التي نحصل عليها من وحدة توليد واحدة بل يجب  
أن نحصل على الطاقة المطلوبة من عدة وحدات فمثلا إذا كانت جملة الطاقة المراد  
الحصول عليها من المحطة ٥٠.٠٠٠ كيلووات فيمكن إستخدام خمسة وحدات  
كل منها ١٠.٠٠٠ كيلووات ولا تستخدم وحدة واحدة ٥٠.٠٠٠ كيلووات وذلك  
للسباب الآتية : -

١ - يمكن الحصول على  $\frac{1}{2}$  الطاقة وتكون الأربع وحدات الأخرى غير  
مستغلة أو يمكن الحصول على أى طاقة أو الطاقة الكاملة من المحطة وذلك بحسب  
الحمل المطلوب - فإذا كانت المحطة تستعمل للأنارة فكما نعلم أن الإستهلاك يزايد  
في الساعات الأولى من الليل ويقل بعد ذلك ويكاد يعدم بالنهار والعكس عن  
ذلك في المناطق التي بها مصانع .

٢ - يمكن تشغيل بعض الوحدات وتكون باقى الوحدات تحت الصيانة  
والتشجيم والإعداد للتشغيل فلا تعطل كل طاقة المحطة حتى تتم الصيانة .

٣ - عند إحداث عمره كاملة تستغرق وقت طويل لأحد الواحدات تكون  
باقى الوحدات تحت التشغيل .

٤ - عند حدوث أخطاء لأحد الواحدات أو بعضها أثناء توصيلها إلى الشبكة  
الكهربائية ولم يتمكن القائمون بالإشراف على المحطة من علاج هذه الأخطاء في  
زمن قصير يمكن إدارة أحد الواحدات الاحتياطية - ثم فصل هذه الوحدة التي  
طراً عليها خطأ عن الشبكة وإدخال هذه الاحتياطية بدلا عنها .



لهذه الأسباب أصبح من الضروري جعل المحطة تحوى على عدة وحدات توليد يمكن التحكم فيها بالتوصيل أو الفصل إلى الشبكة الكهربائية حسب حاجه العمل أو أغراض الصيانة بأنواعها المختلفة .

وهذا يأتى بنا إلى نظام التشغيل والإيقاف والفصل والتنظيم والوقاية إلى جميع الوحدات الموجودة بالمحطة - ولكى يكون العمل سليما من الوجه الهندسية ومنظما وسهلا لابد من وجود نظام للتحكم مبنى على أسس علمية صار التقدم فيها - أى فى نظم التحكم - مجالاً واسماً تستعمل فيه الأنظمة الحديثة بما فيها أنظمة التحكم الألكترونى عن بعد ولكى نبسط العملية نجمع ما يأتى : -

### ٢٢٣٢٤ أنظمة التحكم والتنظيم والوقاية لمولدات التيار المتغير :

ليس المقصود هنا هو دراسة دقيقة لأنظمة التحكم والوقاية ولكن الغرض هو فهم دوائر توصيل مولدات التيار المتغير بأجهزة تنظيم الضغط والسرعة وتوصيلها بأجهزة الوقاية ونظام التشغيل والترحيل - ونظام الفصل الأتوماتيكى - وكذلك توصيل أجهزة القياس فى الأنواع المختلفة لمحطات توليد الضغط العالى والمتخفف .

وكما هو واضح فى شكل ٥١/٤ مولدان كل منهما ٢٠ كيلو وات ضغط منخفض والرسم يوضح طريق توصيلهما بالقضبان العمومية عن طريق مفاتيح يدوية عادية أو عن طريق مفاتيح ذات وقاية أتوماتيكية لتعمل تلقائياً لفصل المولد عن القضبان العمومية عند حدوث أخطار داخلية أو أخطار خارجية من الشبكة .

وتتصل كذلك الوجدتان بأجهزة قياس وتوجد أجهزة قياس تخص كل وحدة وأجهزة أخرى تشتمل للمجموعة كلها - فالأجهزة التى تخص كل وحدة توليد

هي أجهزة قياس التيار والقدرة - أما الأجهزة التي تستعمل للمجموعة كلها وهي المستخدمة لغرض عملية التوافق مثل جهاز قياس الضغط وقياس التردد وجهاز التوافق الدائري وجهاز قياس معامل القدرة ( غير موجود في شكل ٥١/٤ ) وتوجد أجهزة لقياس الضغط والتيار للمجال المغناطيسى المستخدم في تغذية الأقطاب .

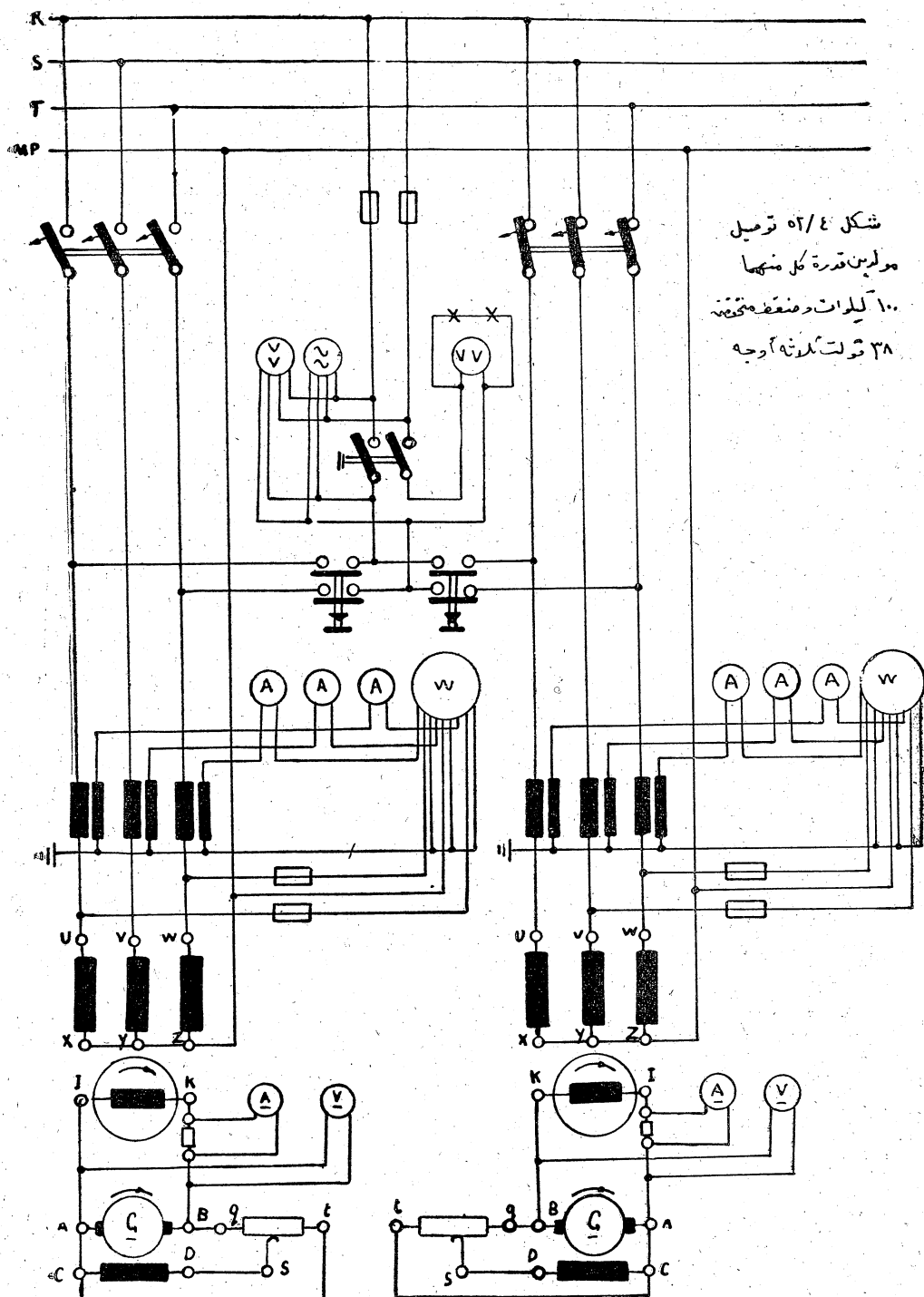
ويمكن التحكم في تنظيم الضغط بواسطة مقاومات تنظيم الضغط لكل وحدة على حدة - وفي المولدات ذات القدرة العالية تستخدم منظمات الضغط الأتوماتيكية مثل منظم تزل ومنظم برون أما في تنظيم السرعة للتحكم في التردد فتستخدم منظمات السرعة للتحكم في الآلة المدبيرة يدويا أو أتوماتيكيا - وتستخدم أجهزة مساعدة مثل محولات التيار والضغط ومفاتيح التوصيل لأجهزة قياس عملية التوافق كما هو واضح في شكل ٥١/٤ - الذى يبين مولدين ذى قدرة منخفضة ٢٠ كيلووات وضغط منخفض وطريقة إتصالهما بالقضبان العمومية وطريقة توصيل أجهزة قياس التيار والقدرة لكل مولد وكذلك أجهزة قياس الضغط والتردد والتوافق - وهذه المولدات من نوع التغذية النفسية حيث يولد التيار المستمر داخليا ويؤخذ عن طريق فرش لتغذى به أقطاب المولد الرئيسى ويكون منتج هذا المولد من النوع الدائر .

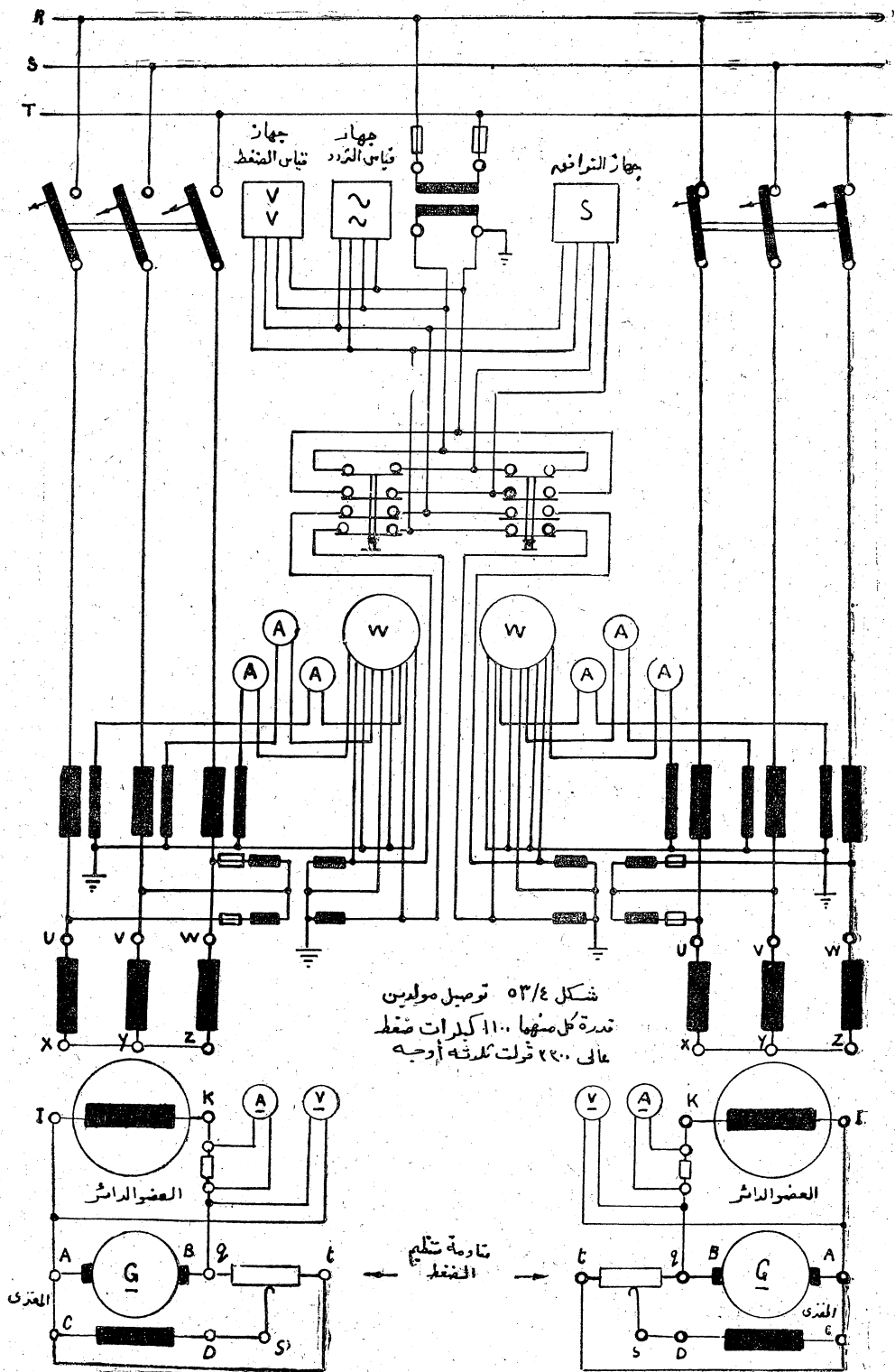
وشكل ٥٢/٤ يبين دائرة توصيل لمولدين ١٠٠ كيلو فولت أمبير وضغط منخفض ٣٨٠ فولت وفي هذا النوع يوصل جهاز قياس مزدوج للضغط وجهاز قياس مزدوج للتردد وكذلك جهاز قياس ضغط الصفر يستخدم في عملية التوافق لقياس الفرق بين وجهى تيار المولدين ويوصل بكل مولد مفتاح ذو قاطع أتوماتيكي للوقاية عند حدوث أخطار .

ويتصل بكل مغذى فولتметр وأمبير متر للتيار المستمر - ويكتفى فقط في هذا النوع باستخدام محولات للتيار تستخدم لتوصيل أجهزة القياس .

وشكل ٥٣/٤ يبين دائرة توصيل لمولدين ذو ضغط عالى ٣٣٠٠ فولت

وقدرة كل منهما ١١٠٠ كيلوات وأجهزة التيار والقدرة لكل مولد - وكذلك أجهزة قياس الضغط والتيار لتيار المجال الخارج من المغذي . ويستخدم في عملية التوافق جهاز قياس ضغط مزدوج وجهاز قياس تردد مزدوج وكذلك جهاز توافق دائري علاوة على مفاتيح ذات قواطع إلكتروميكانيكية ومفاتيح لتشغيل أجهزة التوافق - ويستخدم في هذا النوع من المولدات محولات تيار وكذلك محولات ضغط ويمكن استخدام مقومات للضغط بتوصيلها مع مقومات تنظيم الضغط -qst- ونظراً لأن توصيل المولدات على التوازي يحتاج لتوقيت دقيق وحرص شديد - فلذلك تستخدم في مولدات القدرة العالية معدات تعمل إلكتروميكانيكياً للتوصيل على التوازي - ويجب التأكد من اتجاه المجال الدائري أن يكون واحداً في المولدين وبالأخص عند تركيب مولد جديد أو بعد عمليات إصلاح وصيانة المولد .





## أسئلة مختارة عن الباب الرابع

- ١ — عند زيارة مركز خدمة لإصلاح الآلات الكهربائية — شاهدت ثلاثة أعضاء دائرية لآلات تيار متغير متزامنة .. وكأن الأول ذو قطبين والثاني ذو ستة أقطاب والثالث به ٤٠ قطب .. وكان تردد هذه الآلات ٥٠ ذبذبة/ثانية — استنتج الآلة المديرة لهذه الأعضاء الدائرية الثلاثة — آلة ديزل — تربين هيدرو ليكى — تربين بخارى .
- ٢ — أجريت عملية التوافق لمولد تيار متغير ووصل بينبوع ثلاثة أوجه ثابت الضغط والتردد واستمرت الآلة المديرة متصلة بالمولد — ثم زاد تيار مجال العضو الدائر — أذكر تأثير هذه الزيارة على المولد .
- ٣ — بدلا من تغيير تيار مجال العضو الدائر للمولد في السؤال السابق زادت كمية الوقود للآلة المديرة — إشرح تأثير ذلك على تشغيل المولد .
- ٤ — عند توصيل مولد متوافق ثلاثة أوجه بالقضبان العمومية وكان الضغط والتردد ثابت — وكان معامل القدرة ٠.٨ تأخر — ماذا يحدث عند إنقطاع الوقود عن الآلة المديرة التي تدبر المولد .
- ٥ — ماذا يحدث لحرك توافقى يشتغل عند الضغط العادى وينصف عزم الدوران إذا كان معامل القدرة ٠.٧٥ تأخر — إذا زاد ضغط الينبوع عن الضغط المقنن .
- ٦ — يشتغل محرك توافقى ثلاثة أوجه ومعامل القدرة له واحد صحيح ويدبر حملا ثابتاً إشرح بالتفصيل تأثير توصيل ممانعة إستفجائية بالخط بين أطراف العضو الساكن ومفتاح التوصيل بين المحرك والينبوع — إذا كان الضغط والتردد للينبوع ثابتان .

٧ - محرك توافقي مزامن ذو ثلاثة أوجه متصل بينبوع تردده ٥٠ ذبذبة / ثانية بحيث لم يسرى تيار من المحرك إلى الينبوع وقد ترك المحرك المدير مقصلاً بالمحرك التوافقي : -

١ - ما تأثير زيادة تردد الينبوع من ٥٠ إلى ٥٢ ذبذبة / ثانية على المحرك التوافقي إذا ظل حفظ الينبوع ثابتاً .

ب - إذا أجرينا عملية توافق للمحرك التوافقي ودار كمولد ليعطى قدرة للينبوع عند معامل قدرة ٧٠٧ ر . - إشرح تأثير ممانعة إستنتاجية تقصّل في كل خط بين المولد ومصدر التغذية .

٨ - عند إجراء عملية التوافق لم يكن تعاقب الأوجه للمولد متوافقاً مع مصدر التغذية فما هو تأثير ذلك على مصابيح التوافق في حالة الإطفاء الكامل عند التزامن ؟

٩ - ماهي أنواع المولدات المتوافقة - وفكرة عامة عن إنشائها .

١٠ - كيف يكون ضغط المولدات المزامنة متغير إشرح ذلك مع الإستعانة بالرسم .

١١ - ماهو تأثير رد فعل عضو الإستنتاج في مولدات التيار المتغير إشرح ذلك مع الاستعانة بالرسم .

١٢ - إشرح مع الرسم الشروط الواجب إتباعها عند توصيل مولدين بالتوازي معاً ليتقاسما الأحمال .

٣ - إشرح مع الرسم إنشاء مولد ذو سرعة عالية وقارن بينه وبين مولدات السرعة البطيئة .

١٤ - ماهي مميزات وعيوب واستعمالات المحركات التوافقية .

- ١٥ - إشرح لماذا تفضل المولدات ذات العضو الثابت في الوجه الواحد والثلاثة أوجه ؟
- ١٦ - لماذا تفضل الآلات التوافقية ذات الثلاثة أوجه عن آلات الوجه الواحد ؟
- ١٧ - إشرح باختصار تركيب العضو الثابت ومحتوياته وقارن بين مولدات القدرة العالية والقدرة المنخفضة من حيث إنشاء هذا العضو .
- ١٨ - قارن بين العضو الدائر ذو الأقطاب البارزة وغير البارز في مولدات التيار المتغير مع شرح تركيب وغرض استعمال كل نوع .
- ١٩ - أذكر الطرق المختلفة في تنفيذ الأقطاب في مولدات التيار المتغير مع شرح مبسط لكل نوع وظروف استعماله .
- ٢٠ - ما هي أوجه الخلاف بين ألف المتداخل ولف السلسلة إذا كان كل منهما متساوي في عدد الأقطاب وعدد المجارى والقدرة وضغط التشغيل .
- ٢١ - المطلوب رسم ألف الإنفرادى للعضو الثابت لمولد تيار متغير ثلاثة أوجه إذا كان سرعة الآلة المديرة ١٠٠٠ لفة/دقيقة وتردد التيار ٥٠ ذبذبة/ثانية وعدد المجارى ٣٦ مجرى وألف من النوع المتداخل .
- ٢٢ - يراد رسم لف إنفرادى لآلة تيار متغير بها ٢٤ مجرى ، ٢٤ ملف ذو ثلاثة أوجه إذا كان تردد التيار ٥٠ ذبذبة/ثانية وسرعة الآلة ١٠٠٠ لفة/دقيقة .
- ٢٣ - إشرح مع الرسم كيف تتم عملية التوافق على نظام الإضاءة الكاملة في مولدات التيار المتغير ثلاثة أوجه مع الاستعانة بالرسم . وذكر الشروط الواجب إتباعها عند إجراء عملية التوافق
- ٢٤ - لماذا يستخدم محول التوافق - وكيف يمكن توصيله بدائرة بها مولدان وجهاز توافق دائرى - مع شرح نظرية وعمل جهاز التوافق الدائرى .



٢٥ - كيف يمكن تنظيم الضغط أوماتيكيا في موالدات التيار المتغير -  
إشرح مع الرسم الجهاز المستخدم لذلك وطريقة توصيله بالمولد المراد تنظيم  
الضغط به .

٢٦ - إشرح مع الرسم القواعد الواجب إتباعها عند توصيل مولدين ذو  
ضغط منخفض بالقضبان العمومية وكيفية توصيل الأجهزة اللازمة لذلك  
ومفاتيح التوصيل .

٢٧ - أذكر الشروط الرئيسية الواجب مراعاتها عند إنشاء محطة توليد  
كهربائية من حيث نوع وحدات التوليد وخواصها الرئيسية .

٢٨ - إشرح بالاجمال أنظمة التحكم والتنظيم والوقاية في مولدات  
التيار المتغير

٢٩ - إشرح الدائرة الكهربائية لمولد بين ضغط عالي متصلان بالقضبان  
العمومية وأجهزة القياس اللازم لمهذين المولدين .

## الباب الخامس

### محركات التيار المتغير

١ ر ٥ مقدمة : -

من المستحسن قبل دراسة محركات التيار المتغير بالتفصيل أن نستعرض الأنواع المختلفة لهذه المحركات وتقسيمها إلى عدة أقسام وبالإجمال يمكن تقسيمها إلى نوعين رئيسيين . محركات تيار متغير وجه واحد ومحركات تيار متغير ثلاثة أوجه - وبالتفصيل يمكن تقسيمها إلى عدة أنواع من حيث نظرية التشغيل - وتكون القسمية التي تطلق على نوع المحرك مطابقة تماماً لخصائص المحرك الرئيسية

١ ر ٥ أولا : - المحركات التوافقية ( التزامنية ) Synchronous Motors

وهذه المحركات نوعان : -

١ - محركات توافقية وجه واحد .

٢ - محركات توافقية ثلاثة أوجه .

١ ر ٥ ثانيا . المحركات الاستنتاجية أو اللاتزامنية

Induction Motors (Unsynchrouous Motors)

وتنقسم هذه المحركات إلى الأنواع الآتية : -

١ - محركات إستنتاجية ثلاثة أوجه ذات قفص سنجاب .

٢ - محركات إستنتاجية ثلاثة أوجه ذات عضو دأر ملفوف .

٣ - محركات إستنتاجية وجه واحد ذات قفص سنجاب .

٤ - محرك الاقطاب المظلة shaded pole motor

٥ - محرك هيلاند Heyland motor

٣١٥ ثالثاً : - المحركات التنافرية Repulsion motors

هذه المحركات تعتبر ضمن المحركات ذات عضو التوحيد - ولكن في هذا التقسيم تؤخذ نوعاً مستقلاً بسبب نظرية تشغيلها التي تختلف عن الأنواع الآتى ذكرها - ولكن يمكن تقسيم المحركات التنافرية إلى ثلاثة أنواع من حيث نظام التقويم (البداء) والتشغيل :-

١ - محركات تبدأ تنافرية وتشغل إستنتاجية .

٢ - محركات تنافرية في البدء والتشغيل كذلك .

٣ - محرك تنافري إستنتاجي ( أى يجمع عضوه الدائر ملفات محرك تنافري وقصص سنجاب )

٤١٥ رابعاً : - المحركات ذات عضو التوحيد وجه واحد .

Split phase Commutator Motors

وهذه المحركات تسمى بالمحركات العامة حيث يمكن تشغيلها على التيارين المتغير والمستمر وأنواعها هي :

١ - محرك التوالى ويسمى المحرك العام ( يونيفرسال ) Universal Motor

٢ - محركات ذات عضو توحيد وملفات تمويض .

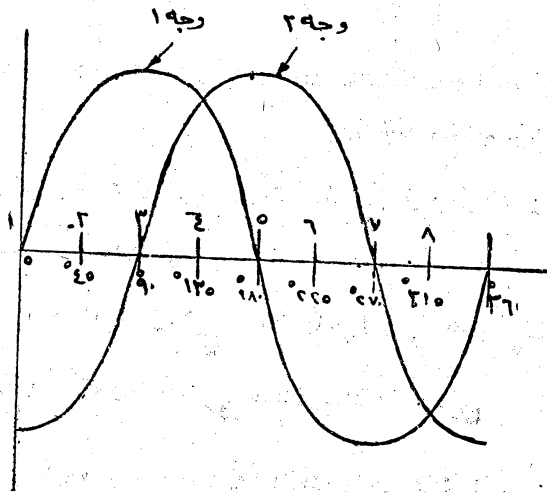
٥١٥ خامساً : - المحركات المتغيرة السرعة ثلاثة أوجه :-

وهذه المحركات تعتبر ضمن المحركات ذات عضو التوحيد ولكنها تحتوى على تركيبات معقدة في العضوين الدائر والثابت علاوة على إمكان تغيير السرعة بها بطرق عملية مما يجعلها أكثر فائدة في النواحي العملية وهذه المحركات أربعة أنواع وهي :-

- ١ - محرك شراجا Schrage Motor .
  - ٢ - محرك التوالى A.C. series Commutator Motor .
  - ٣ - محرك التوازي A.C. shunt Commutator Motor .
  - ٤ - محرك شريبيس Scherbius motor .
- وقبل أن نبدأ في دراسة تفاصيل كل محرك على حده لا بد أن نعرف المجال الدائري أو المغناطيسية الدوارة.

### ٢- المجال المغناطيسية الدوارة Rotating magnetic field :

المجال الدائر أو المغناطيسية الدوارة : Rotating magnetic field :  
لتعريف المجال الدائري أنه إذا مر تيار متعدد الأوجه ( وجهان أو ثلاثة أوجه ) في ملفات العضو الثابت لآلة تيار متغير فإنه ينشأ حول الملفات ويمر في



شكل ١/٥ المنحنى الجيبى لتيار متغير وجهين

القلب الحديدى له مجال مغناطيسى محصلته ثابتة المقدار فى أى لحظة نتيجة مرور التيار فى الملفات - ومحصلة المجال المغناطيسى يتغير إتجاهها تدريجياً بحيث أنها تدور فى إتجاه معين إما فى إتجاه عقارب الساعة أو ضد عقارب الساعة - وهذا المجال يسمى بالمجال الدائري .

أما إذا مر تيار وجه واحد في ملفات العضو الثابت (خلال دائرة واحدة) — فإن المجال المغناطيسى الناشئ حول الملفات يتغير تبعاً لتغير التيار — ويتغير اتجاه المجال كذلك عند كل نصف دورة للتيار — ومن هذا نفهم أن المجال المغناطيسى الذى يتولد فى الدائرة التى يمر بها تيار وجه واحد هو مجال مغناطيسى متقطع Pulsating magnetic Field

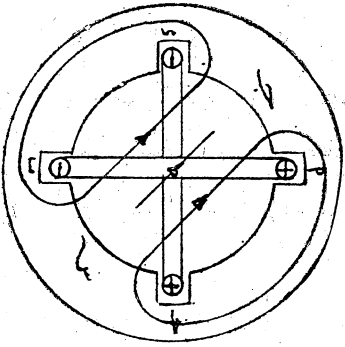
ومن ذلك نفهم سبب المشكلة التى نعرضنا فى التطبيق العملى عند بدء دوران المحركات ذات الوجه الواحد حيث لا بد من عمل وسيلة لإيجاد وجه جديد يمكننا من الحصول على مجال دائرى أما فى المحركات المتعددة الأوجه فلا تعترضنا هذه المشكلة .

٢٠٥ تحديد محصلة المجال المغناطيسى الدائرى لتيار وجهين : —

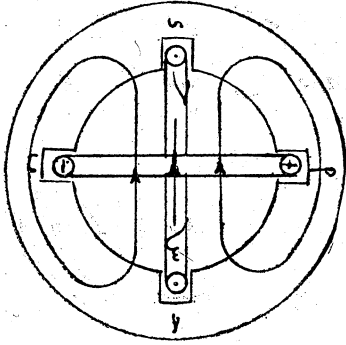
عند مرور تيار وجهين شكل ١ / ٥ يلاحظ أن الزاوية بينهما  $90^\circ$  أى أن الاختلاف فى الوجه مقداره  $90^\circ$  — وعند مرور هذا التيار فى ملفين أحدهما لمرور تيار الوجه الأول والثانى لمرور تيار الوجه الثانى مع ملاحظة أن الملفات موضوعة داخل مجارى فى أسطوانة مجوفة أسطوانة مجوفة من الداخل كما فى شكل ٢ / ٥ .

وهذه الأسطوانة مصنوعة من صفائح دقيقة ومعزولة عن بعضها — فإن جانبي الملف الأول ١ ب يوصلان بالوجه الأول وجانبي الملف ٢ ب يوصلان بالوجه الثانى — فإنه ينشأ حول هذه الملفات مجال مغناطيسى دوار يتحرك داخل الأسطوانة المجوفة — وعند تتبع الأوضاع المختلفة لوجهى التيار من ١ إلى ٨ نشاهد ما يأتى :

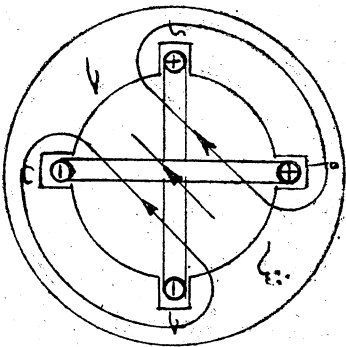
فى الوضع الأول شكل ٢ يكون التيار فى الوجه اصغراً وفى الوجه ٢ نهاية عظمى سالبه أى الجانب ٢ موجب (مبتمد عن الناظر) والجانب ٢ سالب مقرب إلى الناظر



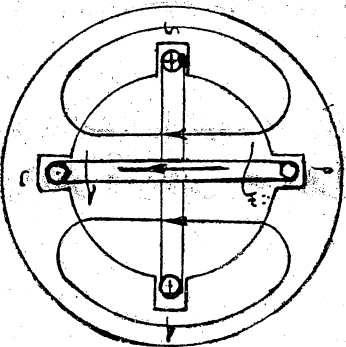
الموضع ٤ (١٢٠٠)



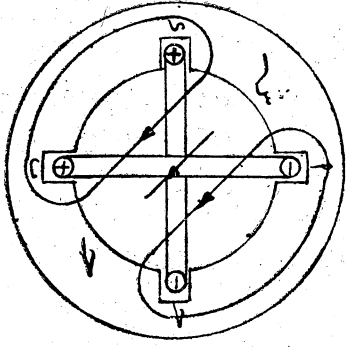
الموضع ٣ (٩٠٠)



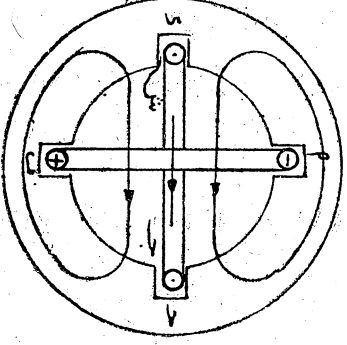
الموضع ٢ (١٤٠٠)



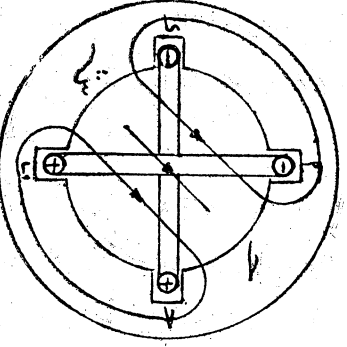
الموضع (١٠٠٠)



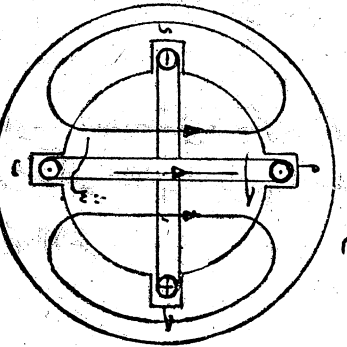
الموضع ٨ (١١٠٠)



الموضع ٧ (١٠٠)



الموضع ١ (١٣٠٠)



الموضع ٥ (١٠٠٠)

شكل ٢/٥ يبين عمله الجوال الدائر لتيار متغير وجهد بحسب الأوضاع الثلاثة للزوايا الكهربائية لدورة كاملة.

في الوضع الثاني يكون التيار في الوجه ١ موجب وفي الوجه ٢ سالب  
أي أن الجانب ح سالب ، ب سالب والجانبان ا ، د موجبان

في الوضع ٣ يكون التيار في الوجه ١ نهاية عظمى وفي الوجه ٢ صغراً أي أن  
أن الجانب ا موجب والجانب ب سالب .

وفي الوضع ٤ يكون التيار في الوجه ١ والوجه ٢ موجب أي أن الجانبان ا ، ح  
موجبان والجانبان ب ، د سالبان

وهكذا في باقي الأوضاع نشاهد أن محصلة المجالات حول الملفان ا ب ، ح د  
تعطيان مجالاً واثرياً منتظماً في اتجاه الدوران ويلاحظ أن اتجاه محصلة المجالات  
في الثمانية أوضاع تأخذ اتجاه دائري مع عقارب الساعة وينشأ عن ذلك دورة  
كاملة للمجال .

ومن ذلك نرى أن هذا المجال الدائري عند وجود قطبين يدور ٥٠ دوره  
في الثانية عند تردد للتيار ٥٠ ذبذبة / ثانية أي ٣٠٠٠ دورة في الدقيقة

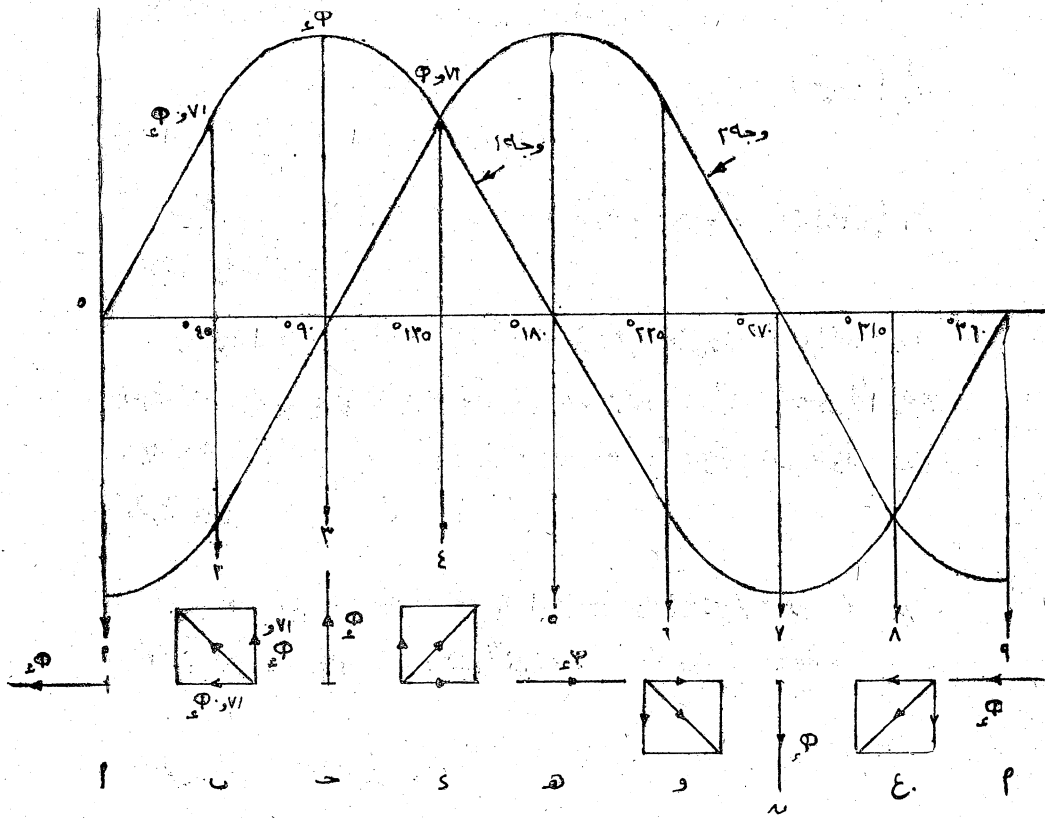
$$\text{حيث أن } t = \frac{v}{f} \times \frac{v}{2}$$

$$\therefore \text{سرعة المجال} = \frac{t \times 2 \times 60}{9} \text{ دورة في الدقيقة .}$$

٢٢٢هـ فيم: المجال الدائري في محرك بغزى بتيار ذو وجهين :-

في شكل ٥ / ٢ الملف ا ب متصل بالينبوع للوجه الأول والملف ح د بالوجه الثاني  
ويكون تيار الوجه الثاني متأخراً ٩٠° عن تيار الوجه الأول — فعند ما يكون  
التيار في الوجه الأول صغراً يكون التيار في الوجه الثاني نهاية عظمى سالبة  
وعندما يرتفع التيار في الوجه الأول إلى النهاية العظمى يكون التيار في الوجه الثاني

صفرًا — فعند اللحظة ١ كما في شكل ٣/٥ فإن التيار في الملف ١ صفرًا والتيار



شكل ٣/٥ يبين محصلة المجال المغناطيسى الدائر رياضياً لتيار متغير وجهين

في الملف ١ (لوجه الثانى) نهاية عظمى سالبه أى أن التدفق للملف الأول صفرًا والتدفق للملف الثانى  $\Phi$  وتكون محصلة المجالين عند ١ من اليمين إلى الشمال يحددها السهم في اللحظة ١ - وبعد  $٤٥^\circ$  أى  $\frac{1}{8}$  دوره عند اللحظة ٢ يكون التيار في الملف ١ موجباً وقيمه  $\Phi$  و  $\times$  حـ  $٤٥^\circ$  أى يساوى  $٧١,٠^\circ$  من النهاية العظمى ويكون التدفق الناشئ عنه  $\Phi \cdot ٧١,٠^\circ$  . وكذلك التيار في هذه اللحظة في الملف الثانى حـ يكون سالباً وقيمه  $\Phi \cdot ٧١,٠^\circ$  ويكون التدفق الناشئ عنه  $\Phi \cdot ٧١,٠^\circ$  . وبتمثيل هاتين المركبتين بشرط أن



تكون الزاوية بينهما  $90^\circ$  وإيجاد المحصلة لهما  $\phi_1 + \phi_2 = 0,71$  و  $\phi_2 = 0,71$  و  $\phi_1 = 0,71$

∴ محصلة  $\phi_1, \phi_2 = \frac{\phi_1 + \phi_2}{\cos 45^\circ} = 1,0$  و  $\phi = 0$  وإتجاهها على

الإحداث الأفقى  $90^\circ$

وبالمقارنة بين المحصلة في اللحظة ١ و اللحظة ٢ نجد أن الزاوية بينهما  $45^\circ$  في إتجاه عقارب الساعة .

وبعد  $45^\circ$  أخرى أى في اللحظة ٣ يكون التيار في الملف ١ ب نهايه عظمى موجبة والتيار في الملف ٢ صفرًا وتكون محصلة المجالين تساوى  $\phi$  وتكون عمودية على الإحداث الأفقى كما في اللحظة ٣/٥ - ح

اللحظة ٣/٥ ح وفي اللحظة ٤ يكون التيار في كل من الملفين موجبا ومقداره  $\phi_1 = 0,71$  أى أن محصلة المجالين  $\phi = 0,71$  وتميل على الرأس  $45^\circ$  في إتجاه اليمين وفي اللحظة ٥ يكون التيار في ملف الوجه الأول قد وصل إلى الصفر وتيار الملف للوجه الثانى يكون نهاية عظمى في الإتجاه الموجب وتكون محصلة المجالين للوجه الأول والثانى  $\phi = 0,71$  وإتجاهها من اليسار إلى اليمين أى أنها أصبحت في وضع يصاد الوضع في ١ لأن الزاوية بينهما  $180^\circ$  ونرى من ذلك أن المجال المغناطيس قد تحرك نصف دورة وأن قيمة المجال في كل لحظة كانت دائما ثابتة . وفي أثناء نصف الدورة الآخر يتابع المجال نفس التغيرات السابقة وإذا دققنا النظر في إتجاه محصلة المجالين في اللحظات من ١ إلى ٤ نجد أن المحصلة تأخذ إتجاه دورى واحد ( إتجاه دوران عقارب الساعة ) وعند نهاية  $360^\circ$  تكون محصلة المجالين كما هو الحال في الوضع ١ . ومن هذا تستنتج أنه عند تغذية ملفات العضو الثابت في المحرك بتيار ذو وجهين يقول في القلب الحديدي له مجال ثابت المقدار ويدور

دورة كاملة عند كل تردد وهذا المجال يساوى في المقدار النهاية العظمى للمجال التيار ذو الوجه الواحد وإذا كان عدد الأقطاب اثنين فإن سرعة المجال الدائرى في كل تردد تساوى دورة واحدة وإذا كان عدد الأقطاب أكثر من اثنين فإن المجال الدائرى يتحرك في كل دورة مسافة بين  $\frac{1}{\omega}$  من محيط العضو الثابت حيث  $\omega =$  عدد أزواج الأقطاب .

$$\therefore \text{سرعة المجال الدائرى} = \frac{2 \times \text{ت} \times 60}{\omega} \text{ لفة/دقيقة .}$$

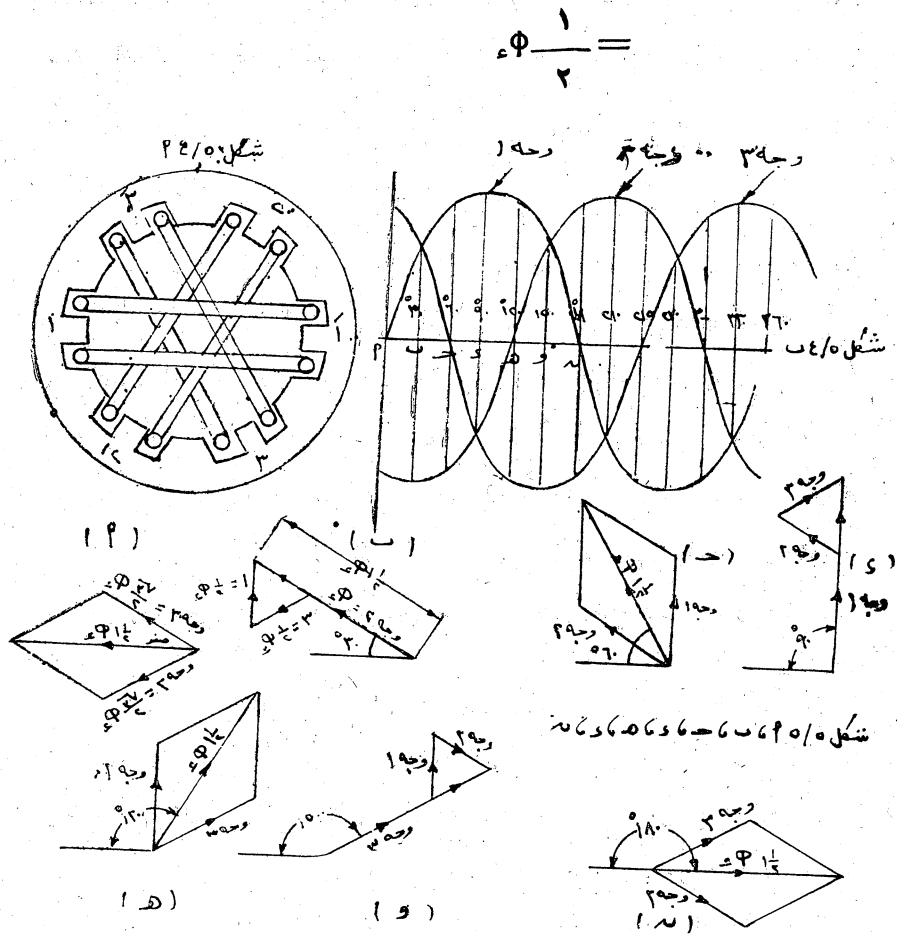
٣ ر ٥ قبة المجال الدائرى في محرك ثلاثة أوجه : —

شكل ٤/٥ — ا يبين ملفات العضو الثابت لمحرك ثلاثه أوجه مجرتان لكل قلب لكل وجه الزاوية بين ملفات كل وجه  $120^\circ$  ، ١، ٢، ٣ بدايات الملفات، ١، ٢، ٣ نهايات الملفات — وصلت هذه الملفات بتيار ثلاثة أوجه كما في شكل ٤/٥ ب — فإنه عند مرور التيار في الملفات يتولد مجال دائرى في العضو الثابت بنفس الطريقة السابق شرحها فإذا بدأنا في اللحظة ا يكون التيار في الوجه الأول صفراً وفي الوجه الثانى يكون التيار سالباً ويساوى  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  من القيمة العظمى

أى يساوى ٠.٨٧ سمء وفي نفس اللحظة يكون التيار في الوجه الثالث موجباً ويساوى ٠.٨٧ سمء — فإذا مثلنا للمجالات المغناطيسية الناشئة عن مرور التيار في الثلاثة أوجه بالموجّهات الموضحة في شكل ٩٥/٥ ا فإن : —

$$\text{محصلة المجال} = 2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \phi \text{ جتا } 30^\circ$$

$$= \phi \frac{\sqrt{3} \times \sqrt{3}}{2}$$



شكل ٢٤/٥ أ ملفات عضو ثابت ٣ أوجه مجرتين لكل قطب لكل وجه ١، ٢، ٣ بدايات ١، ٢، ٣، نهايات

شكل ٢٤/٥ ب متعينات التيار ذو الثلاثة أوجه عند زوايا الدوران المختلفة والملاقة بين قيمة التيار في الأوجه الثلاثة عند كل لحظة .

شكل ٢٤/٥ ج ، ب ، ح ، د ، هـ ، و ، ز يبين إتجاه محصلة المجال الدائري للتيار ذو الثلاثة أوجه

ويكون إتجاه المحصلة منطبقا في الإحداث الأفقى وفي الإتجاه من اليمين إلى اليسار

وعند النقطة ب التي تبعد ٣٠° عن أ أى بمقدار  $\frac{1}{12}$  من الدوره يكون

التيار في الوجه ١، ٣ موجبا ويساوى  $\frac{1}{2}$  سمة والتيار في الوجه الثاني سالبا

ويساوى نهاية عظمى وتكون محصلة المجالين  $١, ٣ = \Phi$  ومحصلة المجال لتيار الثلاثة أوجه في اللحظة  $\Phi = ١٢$  - كما هو واضح في الشكل ٥/٥ ب

وإذا ملئنا لمجالات التيار في الثلاثة أوجه في اللحظات ح، د، هـ، و، ز، بالموجّهات المبينة في شكل ٥/٥ ب، ٥/٥ د، ٥/٥ هـ، ٥/٥ و، ٥/٥ ز فإننا نحصل على محصلة المجالات في كل لحظة على حده وهي تساوى دائماً  $\Phi = ١٢$  وتأخذ هذه المحصلة ترتيب دورى واحد ويكون . إتجاه الدوران مع عقارب الساعة وتكون الزاوية بينها وبين المحصلة السابقة  $٣٠^\circ$  على الترتيب والجدول الآتى يبين التيار في كل وجه من الأوجه الثلاثة عند اللحظات ا، ب، ح، د، هـ، و، ز على الترتيب وكذلك محصلة المجال في كل لحظة الناتج عن مرور التيار في الأوجه الثلاثة وهو يساوى دائماً  $\Phi = ١٢$  من التدفق الناشئ من تيار وجه واحد .

وتكون محصلة المجال في اللحظة ز في الوضع الأفقى وفي إتجاه مضاد للموضع في اللحظة ا أى أن المجال المغناطيس الدائر قد تحرك نصف دوره بينما كان في اللحظة ا من اليمين إلى اليسار يكون في اللحظة ز من اليسار إلى اليمين - وواضح أنه في نصف الدورة التالى تدور هذه المحصلة بنفس إتجاه الدوران (مع عقارب الساعة) وب نفس السرعة إلى أن تصبح في الوضع الأفقى كما في اللحظة ا تماماً وبذلك يكون التيار قد أتم دوره كاملة .

ومن ذلك نستنتج أنه عند تغذية ملفات العضو الثابت لمحرك ذو ثلاثة أوجه فإنه ينشأ مجال دائرى ثابت المقدار ويساوى ١,٥ مرة للمجال الناشئ من تيار وجه واحد - ويتحرك هذا المجال دوره كاملة عند كل تردد للتيار .

$$\text{وتكون سرعة المجال} = \frac{٢ \times \text{ت} \times ٦٠}{١} \text{دقة / دقيقة}$$

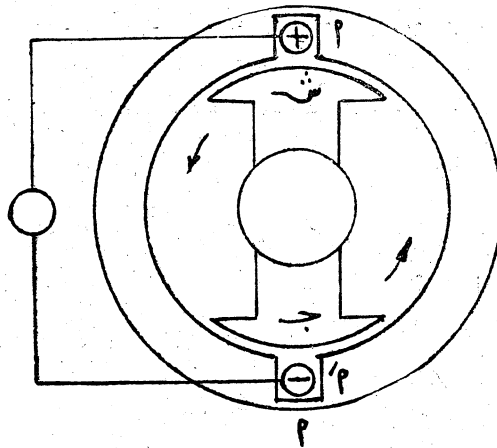
إجهادها	محصلة المجال الدائم	التيار في الوجه الثالث	التيار في الوجه الثاني	التيار في الوجه الأول	لحظة الدوران
أفق من المين إلى التشار	١٦ في	$\frac{3}{2}$ سهم	$\frac{3}{2}$ سهم	صفر	١
٣٠ مع الأفق	١٦ في	٢ سهم	٢ سهم	٢ سهم	٢
» » ٦٠	١٦ في	صفر	$\frac{3}{2}$ سهم	$\frac{3}{2}$ سهم	٣
» » ٩٠	١٦ في	$\frac{3}{2}$ سهم	٢ سهم	٢ سهم	٤
» » ١٢٠	١٦ في	$\frac{3}{2}$ سهم	صفر	$\frac{3}{2}$ سهم	٥
» » ١٥٠	١٦ في	$\frac{3}{2}$ سهم	٢ سهم	٢ سهم	٦
» » ١٨٠	١٦ في	$\frac{3}{2}$ سهم	$\frac{3}{2}$ سهم	صفر	٧
من اليسار إلى المين					

وتسمى هذه السرعة بسرعة المجال الدائرى أو سرعة التوافق .

### ٣ ر ٥ المحركات التوافقية ( التزامنية ) Synchronous Motors

المحركات التوافقية التزامنية والسبب فى هذه الشعبية لأنها تدور بسرعة التوافق وهى السرعة التى يدور بها المجال الدائرى السابق شرحه وهذه المحركات تشابه تماماً فى تركيبها المولد الكهربائى للتيار المتغير - ومعنى هذا أنه يمكن تشغيل مولد تيار متغير كمحرك توافقى - ولذلك تمتدى ملفات الأقطاب فى هذا المحرك بتيار مستمر والعضو الثابت يغذى بتيار متغير - وهذا المحرك هو الوحيد الذى يغذى بتيارين مستمر ومتغير - وهذا المحرك لا يبتدىء . الدوران من تلقاء نفسه عند توصيل التيار المتغير إلى عضوه الثابت والتيار المستمر إلى عضوه الدائر بل يجب إدارة بواسطة محرك آخر حتى تصل سرعة العضو الدائر به إلى سرعة التوافق أى إلى سرعة المجال الدائرة وعندئذ يستمر المحرك فى الدوران بعد فصل محرك التقويم عنه - كما سيأتى شرحه بالتفصيل .

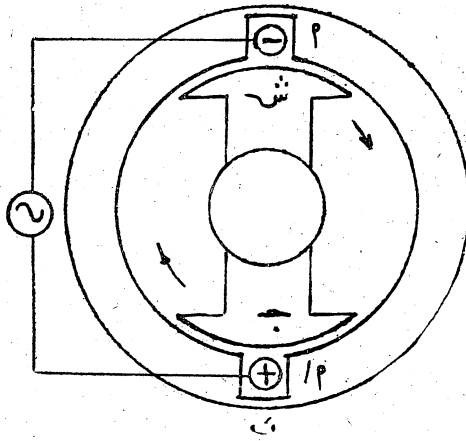
نظرية تشغيل المحرك التوافقى : -



عند توصيل جانبي  
الملف ١ بذبذوب تيار متغير  
وجه واحد وتوصيل  
ملفات العضو الدائر  
بذبذوب تيار مستمر لإحداث  
قطبية ثابتة من سمه ،  
ح ويكون القطب الشمالى  
واقما تحت جانب الملف  
والقطب الجنوبى واقما

شكل ٦/٥ - ١ - دوران ضد عقارب الساعة  
تحت جانب الملف ١ وعند ما يكون التيار فى الجانب ١ مبتعداً عن الناظر

(+) يكون التيار فى الجانب اَمَقْتَرَبَاً إلى الناظر ( - ) فإن القطب الشمالى للعضو الدائر يتجه من اليمين إلى اليسار والقطب الجنوبى يتجه من اليسار إلى اليمين كما هو واضح فى شكل ٦/٥ - ١ وفى نصف الدورة الثانى يصبح سالباً ،



ب - دوران مع عقارب الساعة  
شكل ٦/٥ اتجاه الدوران فى المحرك التوافقى .

أ موجباً أى يتجه القطب الشمالى

من اليسار إلى اليمين والقطب

الجنوبى من اليمين إلى اليسار -

وإذا كان تردد التيار ٥٠ ذبذبة

فى الثانية فإن هذا التغير يحدث

كل  $\frac{1}{100}$  من الثانية ومعنى

هذا أن القطبان تندفع ناحية

اليمين ٥٠ مرة وتندفع ناحية

اليسار ٥٠ مرة فى كل ثانية وفى

ترتيب متعاقب لكل اتجاه ومعنى

ذلك أن تتوقف الأقطاب عن الدوران - ولكن إذا أمكننا إدارة الأقطاب (العضو

الدائر) بوسيلة خارجية ضد عقارب الساعة أثناء زمن دورة التيار بمسافة مقدارها خطوة

قطبية ومعنى هذا أنه عند تغير التيار فى نصف دورة فيصبح ا سالباً ، ا موجباً

وفى نفس الوقت يكون القطب الشمالى قد تحرك من أسفل من أمام الموصل ا إلى ا

والقطب الجنوبى قد تحرك من أسفل من أمام ا إلى ا أى يظل القطب الشمالى واقعاً تحت

موصل (+) والجنوبى واقعاً تحت موصل (-) أى يظل عزم الدوران مؤثراً

على العضو الدائر ويظل دورانه ضد عقارب الساعة . وإذا حدث العكس وعملنا

على إرادة الأقطاب مع عقارب الساعة بشرط أن يكون زمن دوران الأقطاب

مسافة مقدارها خطوة قطبية فى زمن نصف دوره للتيار فإن عزم الدوران يظل

مؤثراً على حركه الأقطاب فى اتجاه عقارب الساعة - ومعنى هذا أن زمن تغير

التيار فى موصلات العضو الثابت يكون مساوياً لزمن دوران أقطاب العضو الدائر

وهذا ما يسمى بالتوافق أو التزامن والسبب الذى من أجله سمي هذا المحرك .

ويمكن فى محركات الوجه الواحد تحديد إتجاه الدوران بحسب ما يتم فى إدارة المحرك عند بدء التشغيل إما إلى اليمين أو إلى اليسار ويظل الدوران ثابتاً بعد ذلك فيهما مهما تغير الحمل على المحرك وفى حدود طاقته. أما فى محركات الثلاثة أوجه فإنه يتحدد إتجاه دوران العضو الدائر بإتجاه دوران المجال الدائرى فلا يمكن تغيير إتجاه الدوران كما فى محرك الوجه الواحد بحسب بدء التشغيل بل عندما يراد تغيير إتجاه الدوران فى محركات الثلاثة أوجه فيجب تغيير إتجاه المجال الدائرى بعكس أطراف ملفات أحد الأوجه الثلاثة — وشرط أساسى لاستمرار دوران المحرك التوافقى أن يظل منتصف القطب واقماً أسفل جانب الملف .

ولهذا السبب فإنه يجب أن تكون سرعة العضو الدائر مساوية لسرعة المجال الدائرى فعند تردد ٥٠ ذبذبة / ثانية وعدد الأقطاب ٢ فإن سرعة العضو الدائر =  $\frac{٢ \times ٦٠ \times ت}{٢} = \frac{٥٠ \times ٦٠ \times ٢}{٢} = ٣٠٠٠$  لفة/دقيقة

وعند ستة أقطاب تقل السرعة إلى ١٠٠٠ لفة / دقيقة .

### ٣١ وه تركيب المحرك التوافقى : —

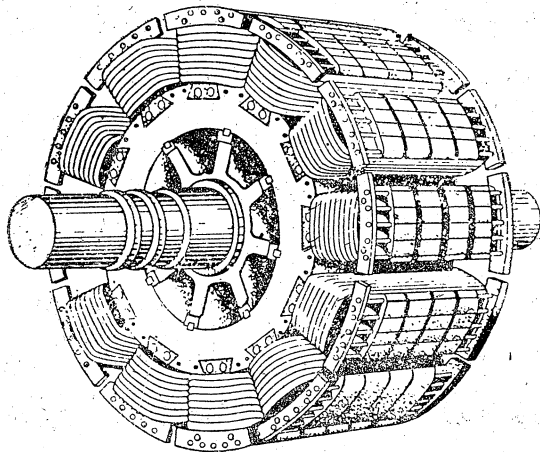
كما سبق القول أن المحرك التوافقى يشبه تماماً مولد التيار المتغير فيتكون من عضوين العضو الثابت ( وهو المنتج فى المولد ) ويحتوى على أسطوانة من صفائح صلب المحولات مجوفة وحول سطحها الداخلى مجارى لوضع الملفات وإذا كانت الملفات تحتوى على دائرة واحدة فيكون المحرك وجه واحد وإذا كانت الملفات تحتوى على ثلاثة دوائر بينها زاوية ١٢٠° موزعة حول محيط العضو الثابت فيكون المحرك ثلاثة أوجه — أما العضو الدائر فهو عبارة عن أسطوانة مثبتة على عمود الإدارة وتحتوى على عدد زوجى من الأقطاب يختلف عددها بحسب عدد الأقطاب وبالتالي بحسب سرعة دوران المحرك وتتصل ملفات الأقطاب مما بشرط أن تكون القطبية فيها مختلفة وبالترتيب شمالى — لجنوبى فشمالى لجنوبى وهكذا وتتصل



أطراف ملفات الأقطاب بحلقى إنزلاق يرتكز عليهما فرشتان كربونيتان يمكن  
عن طريقهما توصيل التيار المستمر لليدبوع الخارجى بملفات الأقطاب .

بدء حركة المحركات التوافقية : —

كما سبق القول فى نظرية تشغيل المحرك التوافقى أنه لا بد أن يدور العضو الدائر  
للمحرك بسرعة تساوى سرعة التوافق ( سرعة المجال الدائرى ) ولذلك يجب  
إستخدام وسيلة مساعدة عند بدء دوران المحرك ويستخدم لذلك محرك صغير  
عند البدء فقط يسمى محرك التقويم ويمكن إستخدام محرك تيار مستمر ليقوم  
ببدء التقويم للمحرك الرئيس - ويكون المحرك المستخدم لذلك ظاهراً خارج المحرك  
الرئيس ومثبت معه على عمود الإرادة .



شكل ٧/٥ بين العضو الدائر لمحرك توافقى

ويستخدم في بعض الأحيان طريقة ذاتية لبدء تشغيل المحرك فيوضع على العضو الدائر للمحرك دائرة كهربائية تحتوي على ملف لبدء الحركة مصنوع من قضبان النحاس وهذه القضبان توجد في أحذية أقطاب العضو الدائر تقصر أطرافها من الجهتين بحلقتي نحاس وينشأ نتيجة لذلك حلقة قصر كهربى كما هو الحال في محركات القفص السنجاني وفائدة هذه الملفات المقصورة تجعل المحرك قادراً على التحرك عند بدء تشغيل المحركات التوافقية دون الحاجة إلى محرك مساعد ويمكن تسمية هذه المحركات بإسم المحركات التوافقية ذات بدء الحركة الإستنتاجية أو بدء الحركة اللازامية والشكل ٥ / ٧ يبين العضو الدائر لمحرك توافقى ذو ملفات قفص سنجاني تستخدم كأداة للتقويم لهذا المحرك :

٢ ر ٣ هـ خواص المحرك التوافقى في تغيير زاوية الوجه بين الضغط والتيار : -

كما سبق القول تغذى ملفات العضو الثابت لهذا المحرك بينبوع تيار متغير هذا علاوة على أن ملفات أقطاب العضو الدائر تغذى بينبوع تيار مستمر والتدفق المغناطيسى لها يقطع ملفات العضو الثابت مما يؤثر على تيار المغناطيسية لها فتقل قيمته فلا يأخذ المحرك من الشبكة تيار يذكر وبالتالي لا يعطى للينبوع تياره وعن طريق التحكم في شدة تيار ملفات الأقطاب التى تسبب التدفق المغناطيسى - التحكم في هذا التيار بالزيادة والنقصان يمكن التحكم في التدفق المغناطيسى فعند تيار تنبيه عادى يكون التدفق معتدلاً ويكون معامل القدرة للمحرك جتا  $\phi = 1$  وتكون شدة التيار في ملفات العضو الثابت في أقل قيمة حيث لا يأخذ المحرك من الينبوع تيار مغناطيسى - وعندما ينخفض تيار التنبيه في ملفات الأقطاب ( للعضو الدائر ) يقل التدفق ويسحب المحرك من الشبكة تياراً كبيراً حيث تظهر الممانعة التأثيرية للملفات العضو الثابت ويكون معامل القدرة أقل من الواحد الصحيح حيث أن التيار في ملفات العضو الثابت تكون أكثر إرتفاعاً مما في حالة التنبيه العادى .

وعند إزدیاد تيار التنبيه في ملفات الأقطاب يزيد التدفق مما في التنبيه العادى

وبالتالى يزيد التيار المستنتج فى ملفات العضو الثابت ويغذى هذا التيار الشبكة مم بسبب تقدم التيار عن الضغط فى الشبكة للتيار المتغير ويفقد هذا التيار فى التوصيلات بين المحرك والمولد الذى يعدى الشبكة - وينبغى عند ذلك عمل حساب دقيق بين خرج المولد وكذلك ممانعة التوصيلات وبين التيار التأثيرى للمحرك التوافقى حتى يمكن رفع معامل القدرة للشبكة بخفض أو إلغاء زاوية الوجه بين التيار والضغط وبذلك نستفيد بأ كبر قدر من الطاقة المولدة نتيجة رفع معامل القدرة فى الدائرة .

### ٣٣٥ مميزات المحرك التوافقى : -

١ - سرعة هذا المحرك ثابتة ولا تتأثر بتغير الحمل عليه - وتكون سرعته مساوية لسرعة المجال الدائرى طالما كان الحمل عليه فى حدود الإمكانيات المصمم عليها المحرك أما إذا زاد الحمل عن هذه الحدود فإن المحرك يقف فجاءة .

٢ - فى هذا المحرك يمكن أن يكون التيار به متقدماً عن زيادة تيار التنبيه فى ملفات أقطاب العضو الدائر كما سبق القول مما يساعد على رفع معامل القدرة فى الشبكات ذات الأحمال التأثيرية - ولذلك عند توصيل المحرك التوافقى فى مثل هذه الشبكات يعمل على تحسين معامل القدرة بها .

٣ - الجودة الكهربائية لهذا المحرك عالية إذا قورنت بالمحركات الأخرى .

٤ - له قدره عالية ليتحمل الأحمال الزائدة .

٥ - لا يتأثر بترددات الينبوع :

### ٣٣٥ عيوب المحرك التوافقى : -

١ - صعوبة وسائل بدء التشغيل به هذا علاوة على عدم إمكانيات التحكم فى إدارته أوماتيكياً .

- ٢ — ضرورة تشغيله بالتيار المستمر والتيار المتغير معاً . علاوة على وسائل تنظيم تغذيته بالتيار المستمر حتى يمكن التحكم في رفع أو خفض معامل القدرة .
- ٣ — عند التحميل الزائد عن الحد يقف المحرك فجاءه ولذلك يجب إعادة تشغيله بالطريقة المتبعة مما يستنزف وقتاً كبيراً .

### ٥٣ ر٥ قواعد بدء تشغيل المحرك التوافقي : —

يوجد نوعان للمحركات التوافقية من حيث نظام بدء التشغيل لها وهما : —

١ — المحرك التوافقي ذو ملفات قصص السنجاب للتقويم .

٢ — » » ذو المحرك الإضافي للتقويم .

### أولاً : — بدء تشغيل المحرك التوافقي ذو ملفات قصص السنجاب : —

١ — تغذى ملفات العضو الثابت ينبوع تيار متغير مع ملاحظه أن تكون هذه الملفات ذات عدد من الأقطاب يمكننا من الحصول إلى سرعة التوافق ( سرعة المجال الدائري ) . ولذلك نستخدم أداه خاصة لتغيير مجاميع الملفات عند التقويم وعند التشغيل ويدور العضو الدائر بسبب ملفات القصر الموضوعة على أحدية الأقطاب والتي على شكل قصص سنجاب .

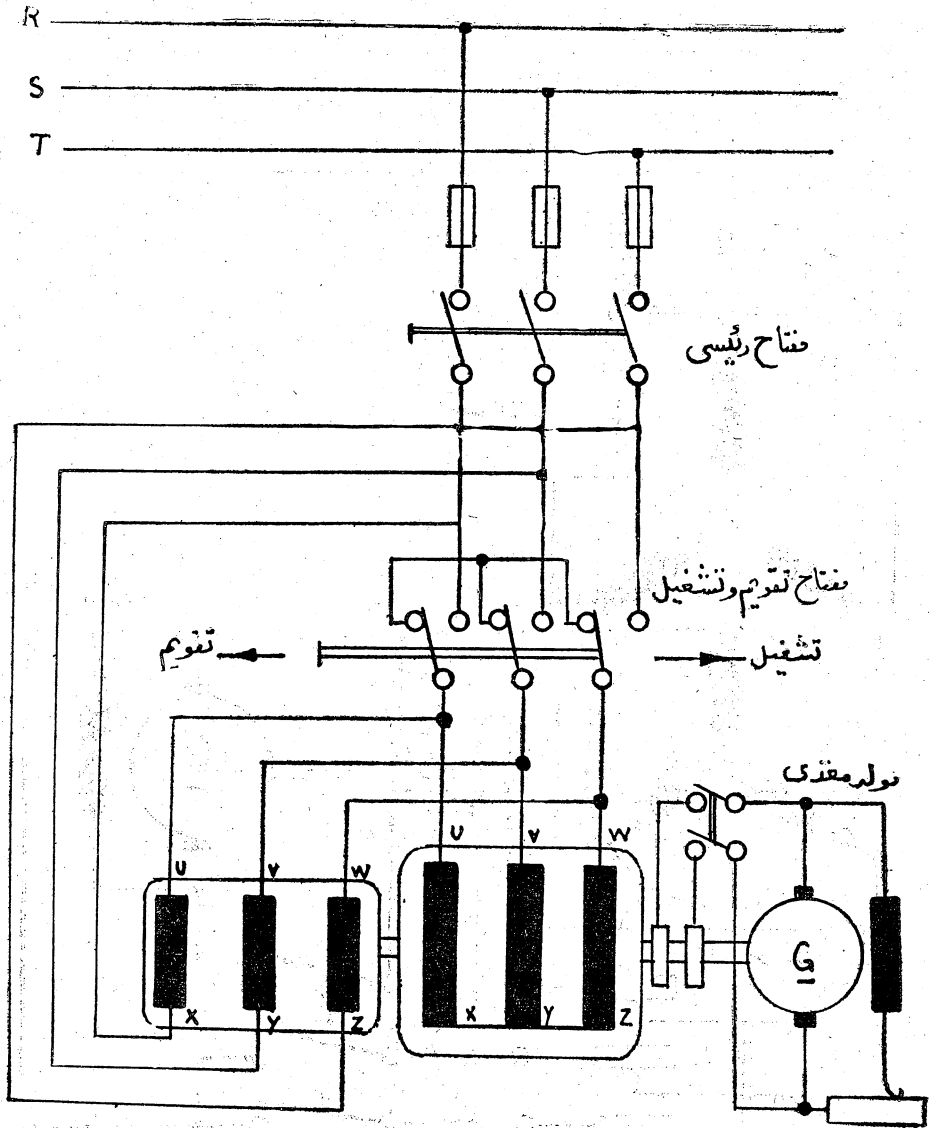
٢ — عند وصول المحرك إلى سرعة التوافق ( يستخدم جهاز قياس السرعة ) يوصل التيار المستمر إلى ملفات الأقطاب للعضو الدائد عن طريق الفرش المرتكزة على حلقات الإنزلاق للعضو الدائر .

٣ — توصل ملفات العضو الثابت إلى وضع التشغيل في نفس الوقت عند توصيل ينبوع التيار المستمر إلى العضو الدائر .

٤ — يحمل المحرك بعد ذلك بالحمل .

ثانياً : — بدء تشغيل المحرك التوافقي ذو المحرك الإضافي : —

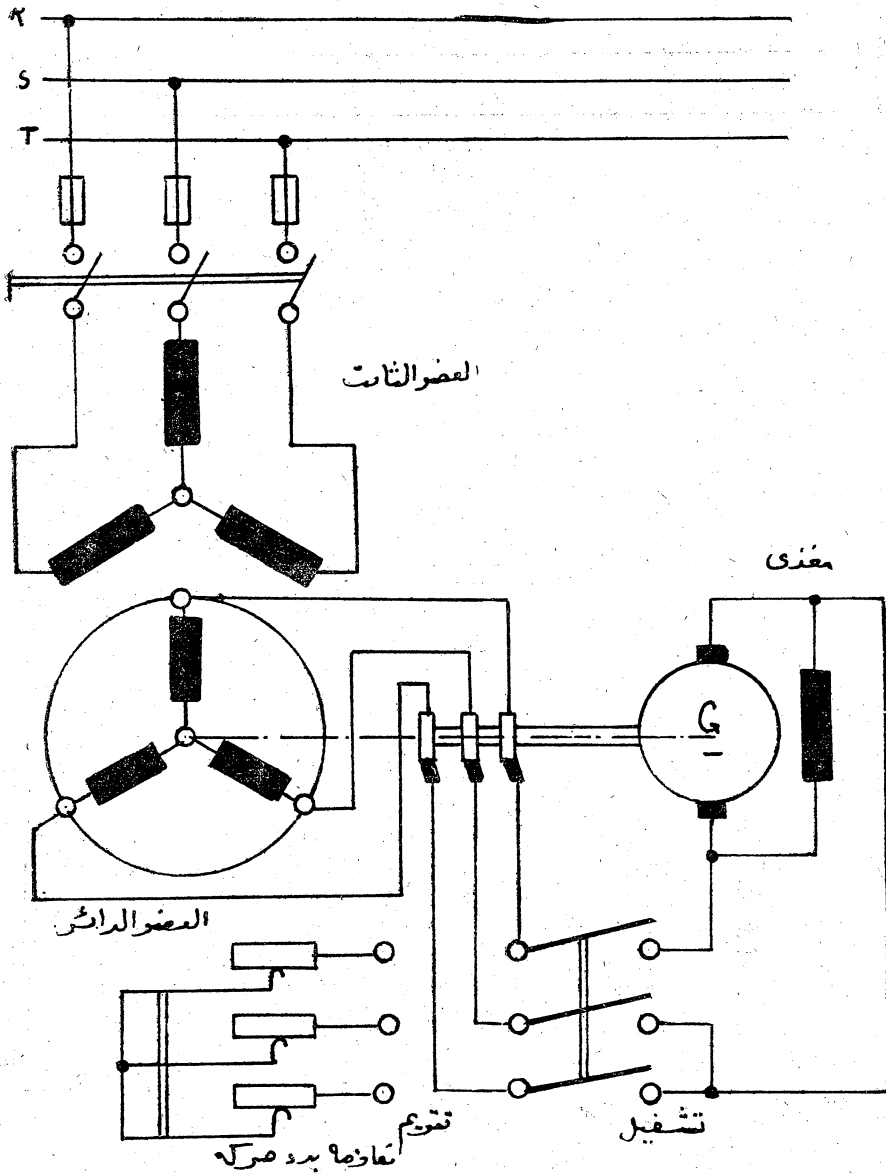
شكل ٨ / ٥ يبين دائرة محرك توافقي ومتعمل بعمود إدارته محرك إضافي



المحرك التوافقي الرئيسي محرك التقويم المساعد (استنحاي)

شكل ٨ / ٥ — الدائرة الكهربائية لمحرك توافقي ومعه محرك استنحاي يشغل بمحرك إضافي للتقويم ويقضي العضو الثابت للمحرك الرئيسي من يذوق تيار متغير ٣ أوجه — والعضو الدائر يقضي من مغذى عبارة عن مولد تيار مستمر .

من النوع الاستنتاجي يستخدم كأداة للتقويم - يستخدم مغذى عبارة عن مولد  
تيار مستمر لتغذية أقطاب العضو الدائر - ( يمكن الإستغناء عن المغذى في حالة  
إستخدام ينبوع خارجي للتيار المستمر ) . فعند إدارة المحرك يتبع ما يأتي : -



شكل ٥/ أ بين طريقة أخرى لتقويم محرك توافقي فيشتغل عند البدء كمحرك إستنتاجي -  
ثم يتصل العضو الدائر بعد ذلك بالمدق فيشتغل لمحرك توافقي طول مدة التشغيل

١ - يوصل المفتاح الرئيسى للينبوع ويكون مفتاح التقويم فى وضع بدء التشغيل فيمتصل التيار الكهربائى إلى المحرك الإضافى الاستنتاجى فيدور المحرك ويدور معه العضو الدائر للمحرك الرئيسى لأنهما على عمود واحد .

عندما يصل المحرك إلى سرعة التوافق يوصل التيار المستمر إلى ملفات الأقطاب للعضو الدائر إما من المغذى أو من ينبوع مستمر خارجى .

٣ - توصل فى نفس الوقت ملفات العضو الثابت للمحرك الرئيسى بالينبوع ويفصل المحرك الإستنتاجى الإضافى عن الينبوع وذلك بإستخدام المفتاح فى وضع تشغيل .

٤ - يظل المحرك الرئيسى دأراً بنفس سرعة التوافق .

٥ - يحمل المحرك بالحمل العادى مع إستمرار تغذية العضو الدائر بينبوع تيار مستمر أم من المغذى أو من ينبوع خارجى .

٦ - عند إيقاف المحرك يقطع التيار المتغير عن المحرك بإستعمال المفتاح الرئيسى ثم يفصل التيار المستمر فى حالة إستخدام ينبوع خارجى .

وشكل ٨/٥ ب تبين طريقة أخرى لتقويم محرك توافقى فيشتغل عند البدء كمحرك إستنتاجى ثم يتصل العضو الدائر بعد ذلك بالمغذى كمحرك توافقى طول مدة التشغيل .

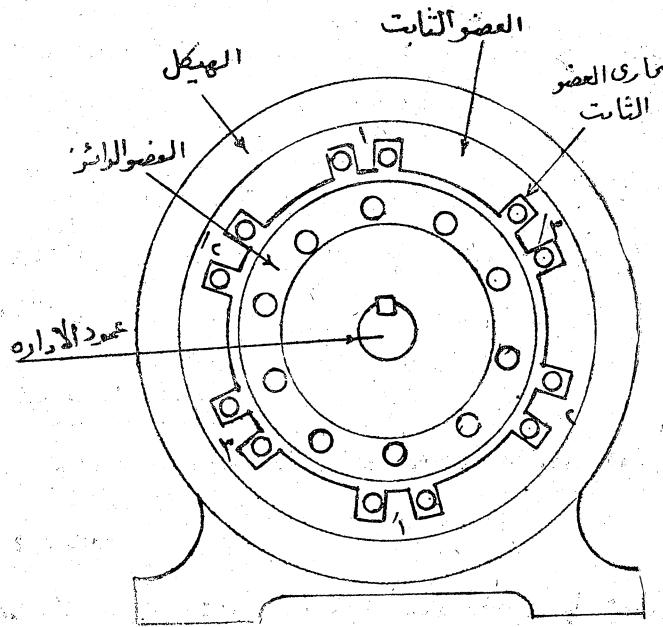
#### ٤٥٥ المحركات الإستنتاجية (اللازامنية)

Induction motors or Uusynchronous motors

#### ٤٥٥ مقدمة :-

سميت المحركات الاستنتاجية لأن ملفات العضو الثابت بها تتصل بينبوع مغنيز - أما ملفات العضو الدائر فيستنتج بها تيار نتيجة دوران المجال الدائرى

في العضو الثابت فيقطع موصلات العضو الدائر ويولد بها تيار يستنتج إذا قلت دائرة هذا العضو ويسمى العضو الثابت باسم عضو الاستنتاج الابتدائي ويسمى العضو الدائر باسم عضو الاستنتاج الثانوي ومثله في ذلك مثل المحول الكهربائي فيه عضو الاستنتاج الابتدائي يقوم بتوليد المجال المغناطيسي الدائر - وعضو الاستنتاج الثانوي (العضو الدائر) تتولد به تيارات مستنتجة نتيجة قطع المجال الدائري للمفاته المقصورة بنفس الطريقة التي تحدث في الملف الثانوي للمحول أما تسميته بالمحرك اللازامي أو الغير متوافق فذلك لأن سرعة العضو الدائر به لا تكون متساوية لسرعة المجال الدائر بل تكون سرعة العضو الدائر أقل من سرعة المجال الدائر بنسبة مئوية تسمى بالإزلاق - وهذا هو السبب في تسميته بالمحرك اللازامي . وسنبداً الآن بدراسة المحركات الإستنتاجية ذات الثلاثة أوجه . -



شكل ٩/٥ تركيب المحرك الإستنتاجي ثلاثة أوجه ذو القفص السنجاب .



### تركيب المحرك الإستنتاجي ثلاثة أوجه ذو قفص السنجاب : —

يتركب المحرك الإستنتاجي كما في شكل ٩/٥ من عضوين أساسيين العضو الثابت stator والعضو الدائر Rotor .

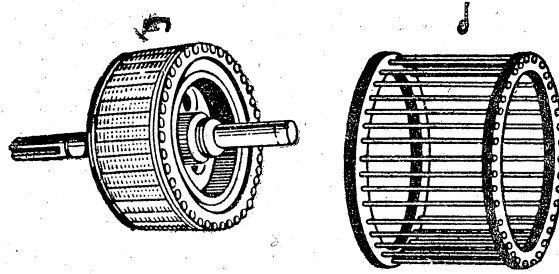
#### العضو الثابت : —

ويتركب من أسطوانة مجوفة من الداخل بها مجارى حول سطحها الداخلي وتصنع من صفائح صلب المحولات المعزولة عن بعضها — ويوضع من صفائح صلب المحولات المعزولة عن بعضها — ويوضع داخل هذه المجارى ثلاثة مجموعات من الملفات بينها ١٢٠° تكون ثلاثة دوائر كهربائية ليتمكن توصيلها بتيار متغير ثلاثة أوجه — ويكون نظام ترتيب ولف هذه الملفات كما سبق شرحه في الباب الرابع لمولدات التيار المتغير . وتثبت الأسطوانة المجوفة للعضو الثابت في الهيكل الخارجى للمحرك — مع وجود غطاءين للمحرك من الأمام والخلف يشبثان مع هيكل المحرك ليرتكز عليهما عمود الإدارة للعضو الدائر .

#### العضو الدائر : —

يتركب العضو الدائر من مجموعة صفائح على شكل دوائر تثبت بجوار بعضها على عمود الإدارة للمحرك مكونة أسطوانة وتكون معزولة عن بعضها بورنيش أو ورق رقيق ويثقب حول سطحها الجانبي عدة ثقوب في ترتيب دائرى منتظم تنفذ إلى الجانب الآخر ويركب في هذه الثقوب أسياخ من النحاس أو الألومنيوم تنفذ أطرافها من الأمام والخلف وتلحم هذه الأسياخ معا بجانبي العضو الدائر بواسطة حلقات قصر بحيث تكون الأسياخ ( القضبان ) عبارة عن ملف ثانوى ذو قصر كهربائي ويكون شكل هذا الملف ذو القصر مثل قفص السنجاب ويسمى بملف القصر الكهربى ولذلك يسمى هذا النوع من المحركات الإستنتاجي ذو

قفس السنجاب وشكل ١٠/٥ يبين منظور للقفس السنجاب الذى يمثل دائرة القصر الكهربائية التى تنفذ خلال صفائح العضو الدائر للمحرك وتكون معزولة عنه كهربائياً .

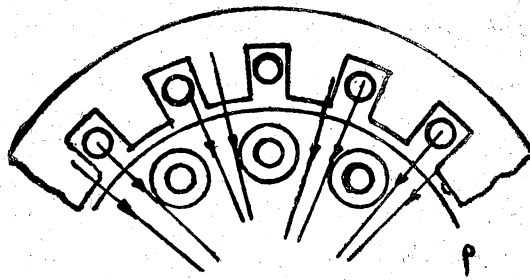


شكل ١٠/٥ العضو الدائر ذو قفس السنجاب  
أ - قضبان قفس السنجاب خارج الصفائح  
ب - شكل العضو الدائر بعد تركيب قضبان قفس السنجاب فى الصفائح .

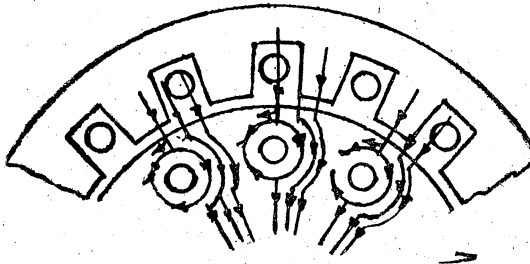
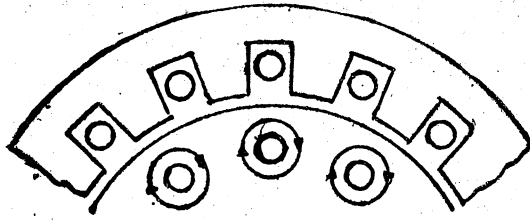
### ٣٤٥ كيفية حدوث عزم الدوران بالمحرك الإستةلجى : —

عند توصيل ملفات العضو الثابت للمحرك بتيار متغير ثلاثة أوجه يقول مجال دائرى فى قلب العضو الثابت ويخترق الثغرة الهوائية إلى العضو الدائر كما فى شكل ١١/٥ - أ ويقطع المجال الدائرى موصلات العضو الدائر ( أسياخ النقض السنجابى ) مولداً بها قوة دافعة كهربائية مستنتجة - وبسبب توصيل أطراف موصلات العضو الدائر بحلقتى قصر من الأمام والخلف مكونة دائرة قصر - فإنه يمر فى هذه الموصلات تيار يعرف بتيار القصر أو تيار العضو الدائر المستنتج - ويكون تياراً كبيراً وبذلك ينشأ حول الموصلات مجال مغناطيسى كما فى شكل ١١/٥ - ب وكما هو معروف أنه عند وضع موصل يحمل معيار كهربائى فى مجال مغناطيسى فإن هذا الموصل يتحرك ( نظريه المحرك ) وعلى ذلك تكون محصلة المجالين ( المجال الدائرى والمجال حول موصلات العضو الدائر ) كما هو واضح فى شكل ١١/٥ - ج - تؤثر قوة ميكانيكية فى تحريك الموصلات فى اتجاه من اليمين إلى اليسار كما بالرسم وتكون فى اتجاه المجال

إتجاه دوران المجال الدائر



إتجاه دوران العضو الدائر



شكل ١١/هـ كيفية حدوث عزم الدوران في المحرك الاستنتاجي  
 أ - إتجاه خطوط المجال الدائري  
 ب - التدفقة المغناطيسية حول ملفات العضو الدائر  
 ج - محصلة المجال الدائري والمجال حول محصلات العضو الدائر

الدائري محدثه عزم دوران للعضو الدائر وبتطبيق قاعدة فلمنج لليد اليمنى لتحديد القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في موصلات العضو الدائرة - وتطبيق قاعدة فلمنج لليد اليسرى لتحديد إتجاه الحركة على الموصلات يلاحظ أن حركة الموصلات يكون في إتجاه حركة المجال الدائري كما في شكل ١١ - ج

درءه الانزلاق

في المحركات

الاستنتاجية (اللاتوافقية):

يدور المجال الدائري للناتج من مرور تيار في ملفات العضو الثابت بسرعة تساوي سرعة

التوافق تتوقف على تردد التيار وعدد أقطاب ملفات العضو الثابت وهذا المجال يقطع موصلات العضو الدائر محدثاً بها عزم دوران كما سبق شره فيتحرك العضو الدائر وتزداد سرعته تدريجياً في إتجاه المجال الدائري - فإذا

أصبحت سرعة العضو الدائر مساوية لسرعة المجال الدائر فإن السرعة النسبية بينهما — أى بين المجال وموصلات العضو الدائر — تساوى صفر — وعلى ذلك لا يكون قطع بين خطوط القوة المغناطيسية للمجال الدائر وبين الموصلات للعضو الدائر — وينعدم التيار المستنتج بها وتزول القوة المحركة أى يصبح عزم الدوران صفراً — وعلى ذلك تأخذ سرعة العضو الدائر فى التناقص وبمجرد نقص سرعة الدوران للعضو الدائر عن سرعة المجال الدائر — تبدأ خطوط القوى المغناطيسية فى قطع الموصلات من جديد بمعدل يتناسب مع مقدار هذا الفرق وتولد القوة الدافعة الكهرومغناطيسية ويمر التيار ( تيار القصر ) ويحدث عزم الدوران ويمكن إستنتاج أن عزم الدوران يكون أكبر ما يمكن عندما يكون العضو الدائر فى حاله سكون عند البدء وذلك لأن سرعة قطع المجال الدائر تكون أكبر ما يمكن لأن السرعة النسبية بينهما وبين سرعة العضو الدائر أكبر ما يمكن — ومن ذلك نرى أن العضو الدائر يدور بسرعة أقل قليلاً من سرعة التوافق حتى يتولد تيار فى موصلات العضو الدائر يكون كافياً لتوليد عزم الدوران اللازم للتغلب على المقاومة الميكانيكية للاحتكاك والحمل . ويسمى الفرق بين سرعة المجال الدائر وسرعة دوران العضو الدائر بالانزلاق فإذا رمزنا للانزلاق بالرمز  $s$

ورمزنا لسرعة المجال الدائر بالرمز  $\omega$  ت لفة / دقيقة

» دوران العضو الدائر بالرمز  $\omega_s$  لفة / دقيقة

$$\frac{\omega - \omega_s}{\omega} = s$$

فان الانزلاق  $s$

ويتضح من المعادلة السابقة أن الانزلاق يكون ١٠٠ ٪ عندما يكون العضو الدائر فى حالة سكون أى أن  $s = 1$  - وفى هذه الحالة يكون كالمحرك الكهرومغناطيسى تماماً .

حيث يكون العضو الثابت ممثلاً للثلاثى الابتدائى للمحول والعضو الدائر ممثلاً

ل الملف الثانوى له - وعندما يكون العضو الدائر فى حالة سكون تكون تسكون  
 ل. س. ل. المتولدة فيه نهاية عظمى ورمز لها بالرمز  $\omega$  ويكون ترددها يساوى  
 تردد الينموع - وعند دوران المحرك بحيث تكون قيمة الانزلاق  $s = \omega$  فان  
 السرعة النسبية بين المجال الدائرى والعضو الدائر تقل كلما زادت سرعة العضو  
 الدائر وبذلك تقل قيمة القوة الدافعة الكهربائية وتساوى ص  $\times \omega$  ويصبح  
 تردد هذه القوة المستنتجة  $\omega \times \omega$

مثال ١ :-

محرك إستنتاجى يشتغل على تيار متغير ٣ أوجه ٥٠ ذبذبه / ثانية وسرعته  
 ٩٥٠ لفة لكل دقيقة أقطابه ستة أقطاب أوجد الانزلاق فى هذا المحرك .

الحل :-

$$\text{سرعة التوافق ( } \omega \text{ ت )} = \frac{60 \times 2 \times 50}{6} = 1000 \text{ لفة / دقيقة .}$$

$$\text{الانزلاق ( } s \text{ ) فى المايه} = \frac{\omega - \omega}{\omega} = 100 \times \frac{\omega - \omega}{\omega}$$

$$= \frac{1000 - 950}{1000} = 5\%$$

مثال ٢ . -

إذا كان ضغط الخط المحرك السابق ٣٨٠ فولت فأوجد الف . س . ل .  
 المتولدة فى العضو الدائر وكذلك ترددها .

الحل :-

$$\text{ف . س . ل . المتولدة فى العضو الدائر} = \frac{5 \times 380}{100} = 19 \text{ فولت .}$$

$$\text{نمى تردد الـ } s . s . \text{ لـ المتولد } = \frac{50 \times 50}{100} = 25 \text{ ذبذبه / ثانيه .}$$

ملحوظه : -

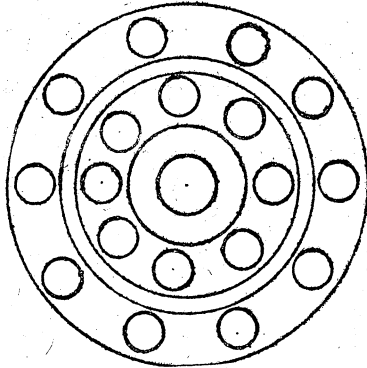
سبق أن عرفنا في الباب الأول أن الممانعة التأثيرية ( الحثية ) تتوقف على التردد ( ت ) وعلى الإستنتاج ( ل ) - فإذا كانت ل ثابتة فإن الممانعة الحثية تتناسب طردياً مع التردد ( ت ) فالممانعة التأثيرية في العضو الدائر تكون أكبر ما يمكن عند الإبتداء حيث  $T = 50$  ذبذبه / ثانيه وهذه الممانعة تقل كلما زادت سرعة العضو الدائر وهذا تنظيم طبيعي لحركات العضو الدائر ذو قفص السنجاب - أما في محركات العضو الدائر الملفوف فإنه يوصل بها مقاومات مادية بالتوالي عند الإبتداء لتحسين معامل القدرة ثم تقصر بعد زيادة سرعة العضو الدائر ووصوله إلى سرعته الطبيعية وبالتالي تساعد على تقويه عزم الدوران عند الإبتداء .

وعدده تحسين عزم الدوران عند البدء في محركات قفص السنجاب : -

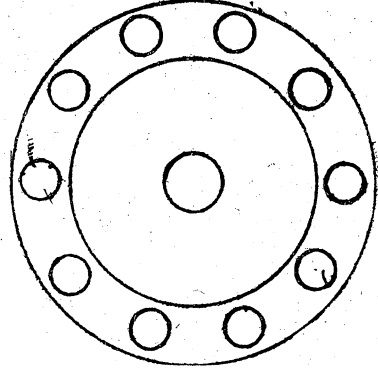
لا يمكن إضافه مقاومه ماديه مع العضو الدائر ذو الملفات المقصورة ( قفص السنجاب ) حيث أنها مقصوره طبيعياً - وقد وجدنا ضرورة وجود مقاومه مادية عند البدء يساعد على تحسين معامل القدرة وبالتالي زيادة عزم الدوران عندالابتداء - فلذلك يصنع عضو دأر له طبقتان من الأسياخ كل منها مقصوره مع بعضها بمحلقى إنزلاق وتكونا دأرتى قصر - ويصنع القفص الخارجى من معدن ذو مقاومه ماديه عاليه نوعاً - بينما يصنع القفص الداخلى من النحاس الأحمر الذى له مقاومه صغيره - وعندما يقطع المجال الدأرى دأرتى القصر عند سكون العضو الدأرى فان التيار المستنتج فى الدائرتين تكون تردداته كامله وتكون المقاومه التأثيريه للدائرة الداخلية عاليه نظراً لبعدها عن الثمره التى يخترقها المجال الدأرى وبذلك

تكون الدائرتين الموضوعتين على العضو الدائر ذات مقاومتان عالتيان عند الابتداء فنحصل على عزم دوران كبير عند الابتداء وعندما يصل العضو الدائر إلى سرعته العاديه ويكون معرضاً لترددات أقل تكون مقاومه الدائرة الداخلية ( القفص الداخلى ) قليلة جداً وبذلك نكون قد وصلنا إلى الغرض المنشود من

العضو الدائر بعد التحسين



العضو الدائر العادى



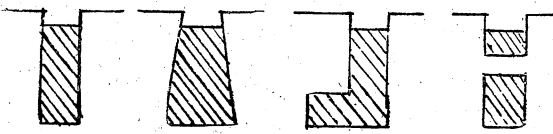
شكل ١٢/٥ يبين نوعى القفص السنجابى العادى وبعد التحسين وذلك بعمل دائرتى قصر.

زياده عزم الدوران عند الابتداء — ويعتمد الدوران بعد ذلك على الدأره القصر الداخلية طول مدة التشغيل وشكل ١٢/٥ ) يبين النوعين للعضو الدائر ذو قفص السنجاب النوع العادى والنوع بعد التحسين .

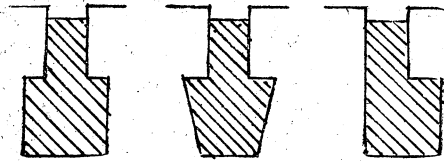
٦٤٤٥ طرق أخرى لقضبان دأره القصر لنوع القفص السنجاب : —

أمكن إستخدام القضبان المستديرة للقدرات حتى ٥ كيلوات لخرج المحرك فى حالة قيام المحرك بدون حمل أو أحمال خفيفه عند الابتداء ويجب الا يتعدى تيار البدء من ٦ — ٨ مرات تيار المحرك عند سرعته العاديه — وتقوم دائرة العضو العضو الثابت بواسطة مفتاح دلتا نجمه كما سيأتى شرحه ويكون التيار للبدء من تيار التشغيل للمحرك فى دائرة ملفات العضو الثابت . وقد استخدمت عدة طرق لتكون أشكال قضبان القصر ذات قطاع غير القطاع الدائرى وقد أتت هذه الطرق بنتائج حسنه فى رفع قدرة المحرك وزيادة عزم دورانه عند الابتداء دون

الالتجاء إلى العضو الدائر المزدوج القضبان السابق شرحه وفي هذه الطرق إستخدمت قضبان ذات عمق كبير ( قضبان مرتفعه ) وتوضع في مجارى مشابهة لها في الشكل كما هو واضح من الرسم شكل ١٣/٥ أنواع متعددة من القضبان - ويكون التردد في ملفات العضو الثابت هو نفس التردد المستنتج في دائرة القصر عندما



يكون المحرك ساكنا وبذلك يكون التسرب المغناطيس كبيراً (التسرب هو الخطوط المغناطيسية



في ملفات العضو الثابت الغير واصله إلى العضو الدائر) - هذا علاوه

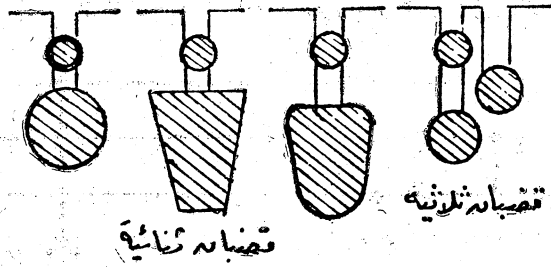
شكل ٥ / ١٣ قضبان ذات عمق كبير ( قضبان مرتفعه )  
لزيادة عزم الدوران عند الإبتداء في محركات القفس السنجابي

على أن الجزء الأسفل

العميق البعيد عن سطح العضو الدائر يكون محاطا بخطوط مغناطيسية أكثر من الجزء الأعلى ونتيجة لذلك تكون ممانعه الجزء الأسفل للقضبان أكبر من ممانعة الجزء الأعلى وهذا التغير في الممانعة الحثيه يجعل التيار يفضل المرور في الجزء الأعلى القرب من سطح العضو الدائر - وكل ذلك يسبب زيادة المقاومة المغناطيسية للقضبان وبالتالي زيادة عزم الدوران عند الإبتداء وهذا الأمر مرغوب فيه لتحسين أداء العضو الدائر عند بدء الدوران - وتأخذ سرعة العضو الدائر في الازدياد فينخفض التردد به وبالتالي تقل الممانعة التأثيرية لدائرة القصر وعند وصول العضو الدائر إلى سرعته العادية تقل كثيرا ممانعته التأثيرية عن المقاومة المادية لموصلات القضبان ويوزع التدفق حول الموصلات بالتساوى وبالتالي يسرى التيار ( تيار القصر ) بدرجة منتظمة في قضبان دائرة القصر للعضو الدائر وقد أمكن استخدام دوائر قصر ذات قضبان مضاعفه ثنائيه وثلاثيه وتصلح الحركات في هذه الحاله بالتحميل عند بدء التشغيل - ويمكن



استخدام مفتاح دلتا نجمه في دائرة ملفات العضو الثابت ويكون التيار في دائرة القصر عند التوصيل المباشر يساوي خمس مرات التيار في السرعة العادية ويكون التيار في دائرة ملفات العضو الثابت عند التوصيل بمفتاح نجمة دلتا ١٧ مره التيار المصمم عليه المحرك. وشكل ١٤/٥ يبين قضبان مزدوجة ثنائية وثلاثية تستخدم في دوائر القصر للعضو الدائر



١٤ / ٥ قضبان مزدوجة ثنائية وثلاثية تستخدم في دوائر القصر للعضو الدائر ذو قفس السنجاب بعد التحسينات

### ١٧٤٠ بدء الحركة في المحركات الاستنتاجية ذات القصر الدائري

(قفس السنجاب) :-

في المحركات الاستنتاجية ذات العضو الدائر من نوع قفس السنجاب نظراً لعدم وجود أطراف خارجية لدائرة ملف القصر للعضو الدائر - فإنه لا يمكن استعمال مقاومة بدء حركه للتقويم ولذلك تستعمل أحد الطرق لبدء الحركه :-

١ - التوصيل المباشر .

٣ - توصيل مقاومة بالتوالي مع ملفات العضو الثابت .

٣ - « ملفات خانقه بالتوالي مع ملفات العضو الثابت .

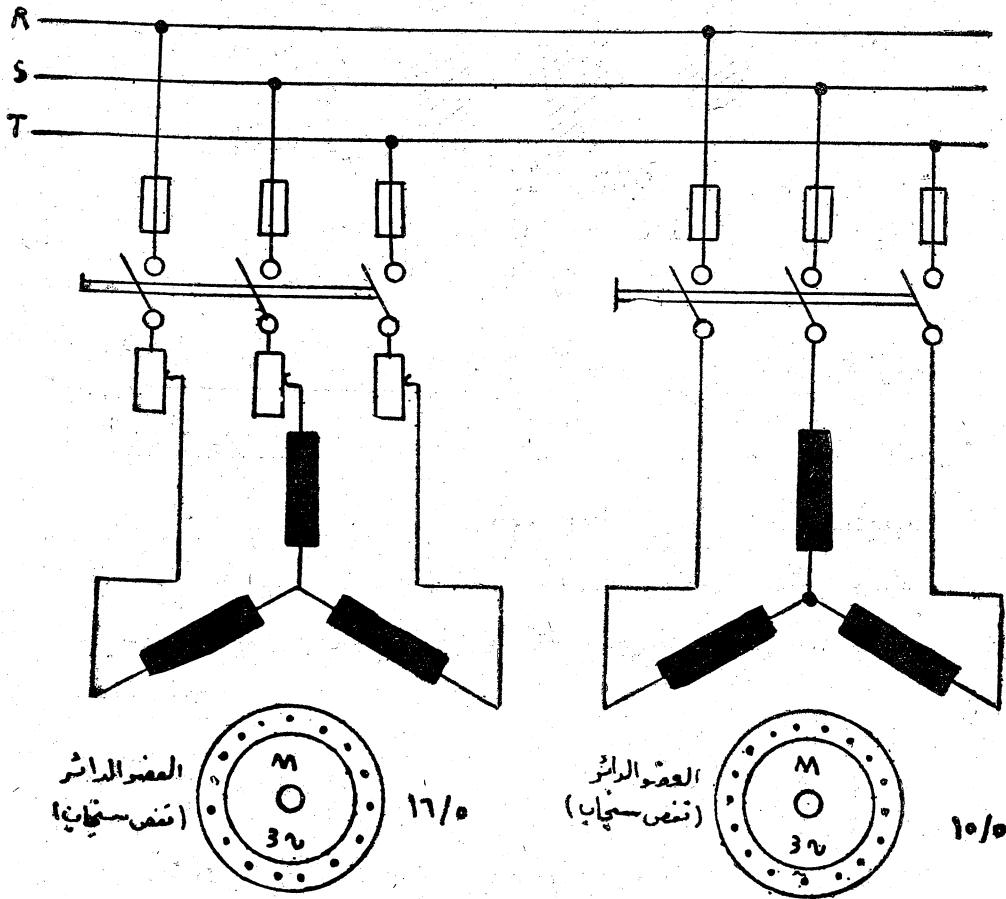
٤ - « محول تقسي

(م ٢٢ - الكهربية)

• طريقة التوصيل نجمة/دلتا Star Delta Connections

١٧٤ر٥ - التوصيل المباشر :-

تستخدم هذه الطريقة في المحركات الصغيرة القدرة ١١ كيلوات أو أقل وتصل ملفات العضو الثابت بالينبوع عن طريق مفتاح ذو رافعة أو مفتاح أسطوانى مباشرة ويلاحظ أن التيار في لحظة البدء يكون مرتفعاً ويساوى ستة مرات



شكل ١٥/٥ التوصيل المباشر لحرك الاستنتاجى ٣ أوجه نوع القفص السنجاب للقدرة الصغيرة  
 شكل ١٦/٥ طريقة التوصيل باستخدام مقاومة متغيرة بالتوالى مع ملفات العضو الثابت .

تيار التشغيل العادى ولكن عند إرتفاع سرعة الحرك إلى السرعة المقننه ينخفض

التيار إلى القدر المقنن ولذلك توضع مصهرات بحيث تتحمل التيار العالى الذى يمر فى لحظة البدء — أو استخدام مصهرات ذات تأثير بطىء للانصهار على أن تتحمل ضعف التيار المقنن للمحرك والرسم شكل ١٥/٥ يبين طريقة التوصيل المباشر باستخدام مفتاح يدوى

### ٢٧٤ر٥ — توصيل مقاومة متغيرة بالتوالى مع العضو الثابت : —

الغرض من هذه الطريقة هو انقاص الضغط على طرفى ملفات العضو الثابت وكذلك التدفق النامىء عنه وبذلك تقل القوة الدافعة الكهربائيه المستنتجة فى ملفات القصر للعضو الدائر وبالتالى تيار القصر للعضو الدائر ونقص الضغط يؤثر على عزم الدوران عند الابتداء وكذلك على إنقاص التيار المار فى العضو الدائر عند الابتداء .

وتمتاز طريقة التوصيل بمقاومة متغيرة بأنها رخيصة الثمن إذا قورنت بالطرق الأخرى علاوة على إمكانية تنظيم السرعة للمحرك عند البدء كما فى شكل ١٦/٥

### ٢٧٤ر٥و٥ — توصيل ملفات خاتمه بالتوالى مع ملفات العضو

#### الثابت للمحرك : —

هذه الطريقة مثل السابقة تماماً فقط يستبدل بالمقاومات المتغيرة ملفات خاتمه ذات قلب حديدى ويمكن تقليل ممانعتها بواسطة قلب حديدى يتحرك داخل الملفات — وذلك بدلا من الطرف المتحرك للمقاومة المتغيرة — فعندما يكون القلب داخل الملف تكون الممانعة أكبر ما يمكن وإذا سحب القلب خارج الملف كانت الممانعة أقل ما يمكن . وبذلك يمكن التحكم فى ضغط ملفات العضو الثابت وكذلك عزم الدوران عند الابتداء وبالتالى تيار ملف القصر فى دائرة العضو الدائر .



بالرسم شكل ( ١٧/٥ ) وبواسطة المحول يقل الضغط الواصل إلى المحرك بمقدار الثلث عن ضغط الينبوع ويتحرك المحرك حتى يصل إلى سرعته العادية ثم يوصل العضو الدائر مباشرة إلى الينبوع حيث يكون المحرك قد أخذ سرعته العادية .

وتمتاز هذه الطريقة بأن عزم الدوران عند الابتداء يكون عالياً وذلك لأن تيار الخط أصغر من تيار العضو الثابت — ولتوضيح ذلك إذا كان تيار البدء للمحرك يساوى ستة أمثال تيار الحمل الكامل عند توصيله مباشرة بالينبوع — وإذا فرضنا أن عزم دوران المحرك عند الابتداء ضعف عزم دورانه عند الحمل

$$\frac{C}{1} = \frac{C_{MP}}{1.5} = \frac{2}{1} = \frac{C}{1.5} \quad \text{أي أن } 2 : 1 \text{ هي نسبة التحويل به } 1.5$$

فإن التيار في المحرك ينقص إلى نصف مقداره أي إلى ثلاثة أمثال الحمل الكامل — ولا ينقص التيار المأخوذ من الينبوع إلى ١.٥ مره من تيار الحمل الكامل . وأما عزم الدوران فينقص بنسبة مربع الضغط ويصبح بذلك ١/٢ مره عزم الدوران عند الحمل الكامل لأن :

$$\frac{C}{1.5} = \frac{1}{1.5} = \frac{1}{2.25}$$

$$= \frac{1}{2.25} \text{ التيار في حالة التوصيل مباشرة .}$$

$$\therefore 1.5 = \frac{1}{2.25} = \frac{1}{2.25} \text{ التيار في حالة التوصيل مباشرة .}$$

ومقدار عزم الدوران عند ذلك قليلاً عند الابتداء — ولو ترك المحول الففسي بسبب زيادة التيار لاحتقرت المصهرات في الخط — وللحصول على عزم دوران عند الابتداء يساوى في المقدار عزم دوران الحمل الكامل — فإنه يجب إنقاص ضغط

$$\text{المحرك إلى } \frac{1}{2.25} = 0.44 \text{ و من ضغط الخط ويصبح بذلك تيار المحرك } = 6 \times$$

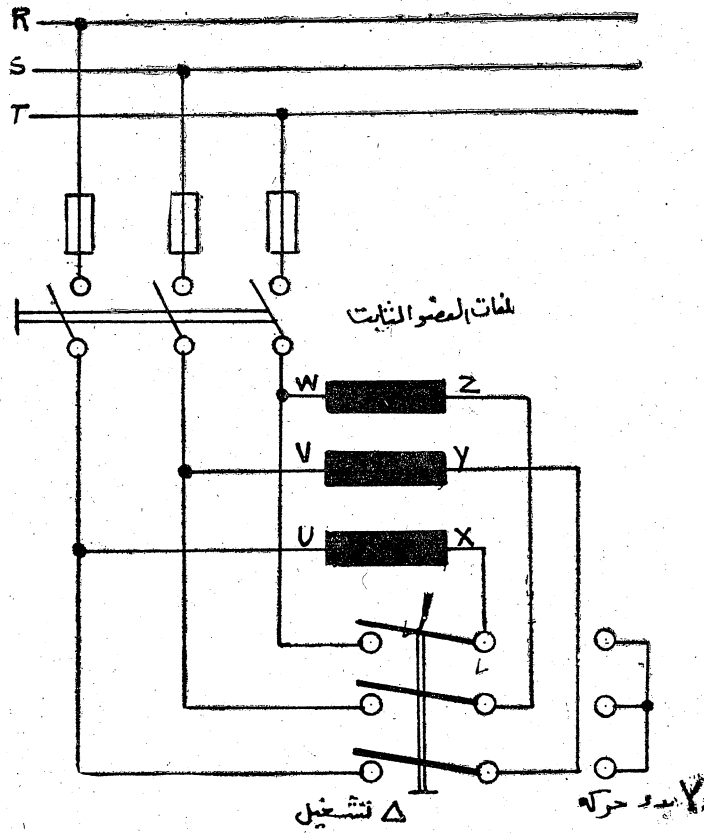
$$0.44 = 2.6 \text{ مرة تيار الحمل الكامل .}$$

وتيار الخط = ٧١ ر  $\times$  ٤٢٦ = ٣ مرات تيار الحمل الكامل .

ويمكن إخراج أطراف نهايات الملف الثانوى حيث يمكن تغيير نسبة التحويل لكي نحصل على النسبة المناسبة للمحرك والحمل - وفي المحركات الصغيرة تحدد نسبة ثابتته تكون مناسبة للمحرك .

### ٥٧٤٠ ر طريقة التوصيل نجمة / دلتا : —

طريقة توصيل نجمة / دلتا الفرض منها توصيل ملفات العضو الثابت عند البدء على شكل نجمة وعند التشغيل على شكل دلتا والفرض من ذلك هو إنقاص الضغط على أطراف ملفات العضو الثابت عند الابتداء حيث يكون التوصيل نجمة وباستخدام مفتاح خاص ذو ثلاثة قضبان وسنته طرق بحركتين يمكن تحويل توصيل النجمة بعد أن يكون المحرك قد وصل إلى سرعته العادية - إلى توصيل الدلتا في حالة التشغيل كما في ( شكل ١٨/٥ ) وليس الفرض من هذه الطريقة كما في الطرق السابقة تغيير ضغط الخط - بل تغيير التوصيل - فيصمم المحرك على أساس أن تتحمل ملفات العضو الثابت ضغط الخط وهي موصله بطريقة الدلتا وعند البدء توصل بطريقة النجمة وحيث أن الضغط في توصيل النجمة = ١٧٣ مرة ضغط التوصيل بطريقة دلتا أى أن التيار في حالة توصيل النجمة عند البدء يكون أقل من التيار عند التشغيل بمقدار ١٧٣ مرة فإذا كان ضغط الخط ٢٢٠ فولت وكان التوصيل نجمة فإنه يتحمل ٣٨٠ فولت والواصل إليه ٢٢٠ فولت فقط ولما كان الضغط ينقص إلى  $\frac{1}{3}$  مره عن مقداره في الخط عند الابتداء وكأننا في هذه الحالة قد استعملنا محولا تقسماً نسبة التحويل به =  $3 : 1$  فيكون الضغط على أطراف ملفات العضو الثابت عند الابتداء = ٥٧٧ ٪ من الضغط الكامل عند التشغيل ولما كان تيار الخط يساوى  $3 = 173$  من تيار الوجه عند التوصيل دلتا - فمعنى هذا أن تيار الخط عند الابتداء ينقص بثلاث مقداره مما لو كان إتصل المحرك مباشرة بالخط



شكل ١٨/٥ طريقة التوصيل للمفات العضو الثابت لمحرك إستثنائي نجمه/ دلتا بواسطة مفتاح يدوي ثلاثة قضبان وستة طرق

وتتماز هذه الطريقة بالمميزات الآتية :-

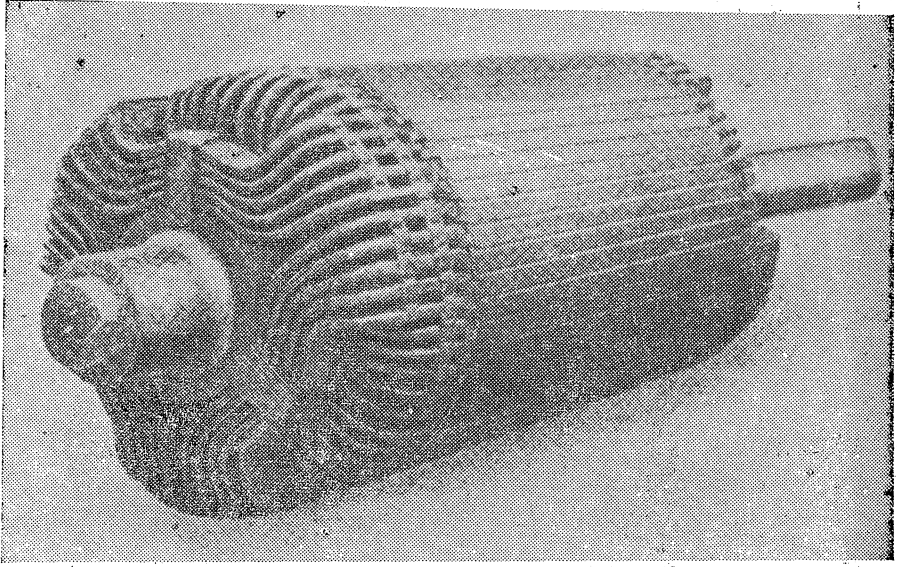
- ١ - أرخص في الثمن من إستعمال المحول النفسى - ولكفها لا تصلح إلا لوضع واحد - ولذا لا تصلح إلا فى المحركات ذات القدره المتوسطه .
- ٢ - يدور المحرك بسرعة منتظمة عند توصيل النجمة - وهذا الانتظام لا يتوفر فى توصيل الدلتا بسبب عدم وجود خط التوازن
- ٣ - صفر مقدار عزم الدوران عند الإبتداء .

عند اختيار محركات لتشغيل على طريقه نجمة / دلتا يراعى أن تكون ملفات العضو الثابت بحيث يكون ضغط الوجه مساوى ضغط خط الشبكة ويكون ضغط النجمة للمحرك أكبر من ضغط الخط للينبوع ١٧٣ مرة مثلاً عند ضغط خط ١١٠ فولت تكون ملفات النجمة ١٩٠ فولت وعند ضغط خط ٢٢٠ فولت تكون ملفات النجمة للمحرك ٣٨٠ فولت وعند ضغط خط ٣٨٠ فولت تكون ملفات النجمة للمحرك ٦٦٠ فولت .

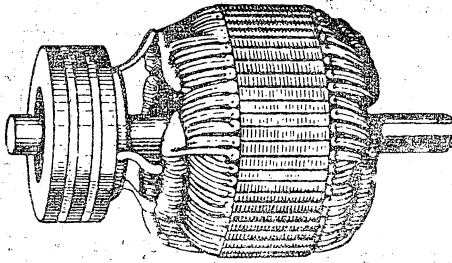
#### ٨٤٤٥ تركيب المحرك الإسفنتاجى الثلاثى الأوجه ذو العضو الدائر الملفوف:

يركب المحرك الإسفنتاجى ذو العضو الدائر الملفوف من عضوين رئيسيين كما فى المحرك ذو القفص السنجاب ويكون العضو الثابت به يشبه تماماً العضو الثابت فى محرك القفص السنجاب ولكن الإختلاف بينهما يكون فى العضو الدائر — وكما هو واضح من التسمية أن العضو الدائر الملفوف يكون على شكل أسطوانة مثبتة على عمود الإدارة وحول سطحها الخارجى عدة مجارى يوضع بداخلها ملفات ذات دوائر ثلاث وتصل أطرافها بثلاثة حلقات إنزلاق تثبت على عمود الإدارة وتكون معزولة عنه ومعزولة عن بعضها ويرتكز على هذه الحلقات الثلاث فرش كربونية لتوصيل ملفات العضو الدائر إلى الدائرة الخارجية كما هو واضح فى (شكل ٥ / ١٩) وبذلك يكون لدينا دأرتان إحداهما دائرة ملفات العضو الثابت — أما الدائرة الثانية المتصلة بالفرش والمرتكزة على حلقات الإنزلاق المتصلة بملفات العضو الدائر — ولذلك يمكن أن يسمى هذا النوع من المحركات بإسم المحرك ذو العضو الدائر الملفوف أو ذو حلقات الإنزلاق للعضو الدائر — وتتصل دأره ملفات العضو الثابت بالينبوع لتيار ثلاثة أوجه أو ملفات العضو الدائر فتتصل بمقاومة ذات أفرع ثلاثة تسمى مقاومة بدء الحركة والفرق بين العضو الدائر الملفوف والعضو الدائر قفص السنجاب أن الأخير يكون دائره قصر لها عيوبها فى إندفاع التيار عند بدء الحركة بسبب مقاومتها





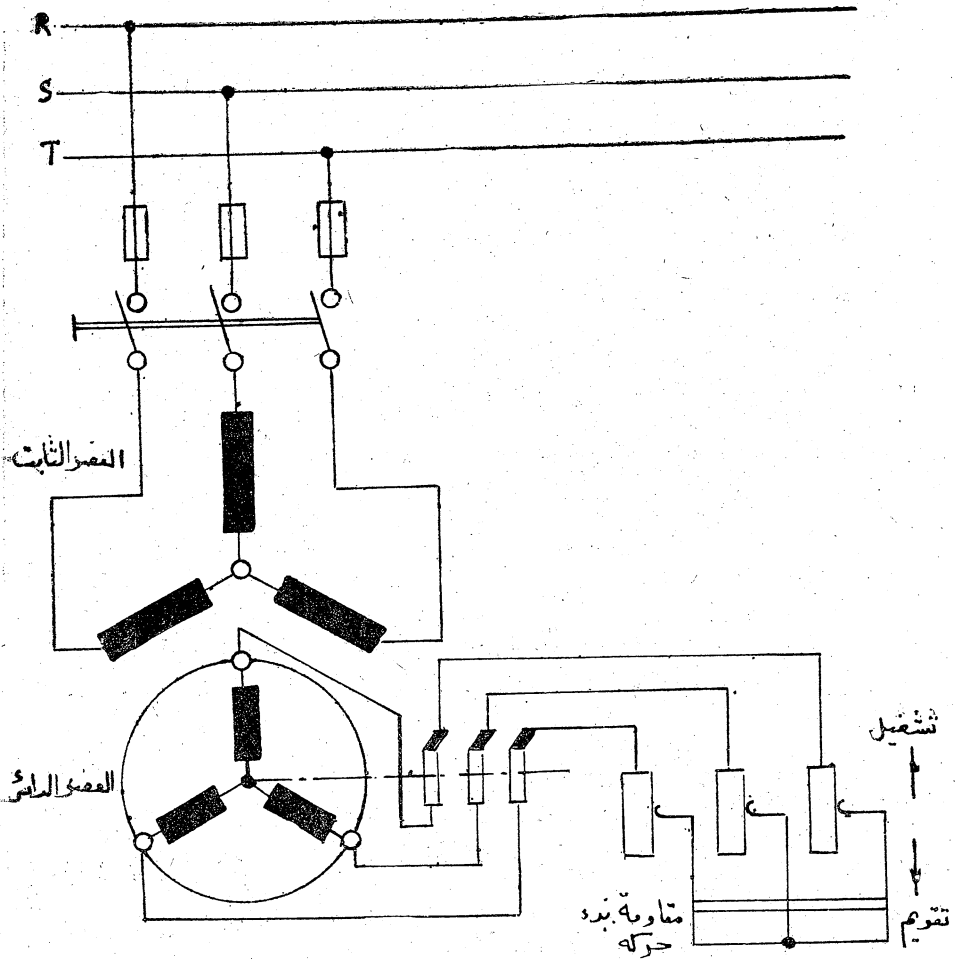
شكل ١٩/٥ أعلى العضو الدائر الملفوف لمحرك إستنتاجي ثلاثة أوجه تدرة كبيرة  
شكل ١٩/٥ أسفل العضو الدائر الملفوف لمحرك إستنتاجي ٣ أوجه قدرة صغيرة



الصغيرة — أما في العضو الدائر  
الملفوف فقد أمكن توصيله بمقاومة  
ذات ثلاثة شعب شعبه منها لكل  
وجه تقلل من إندفاع التيار في  
ملفات العضو الدائر عند بدء

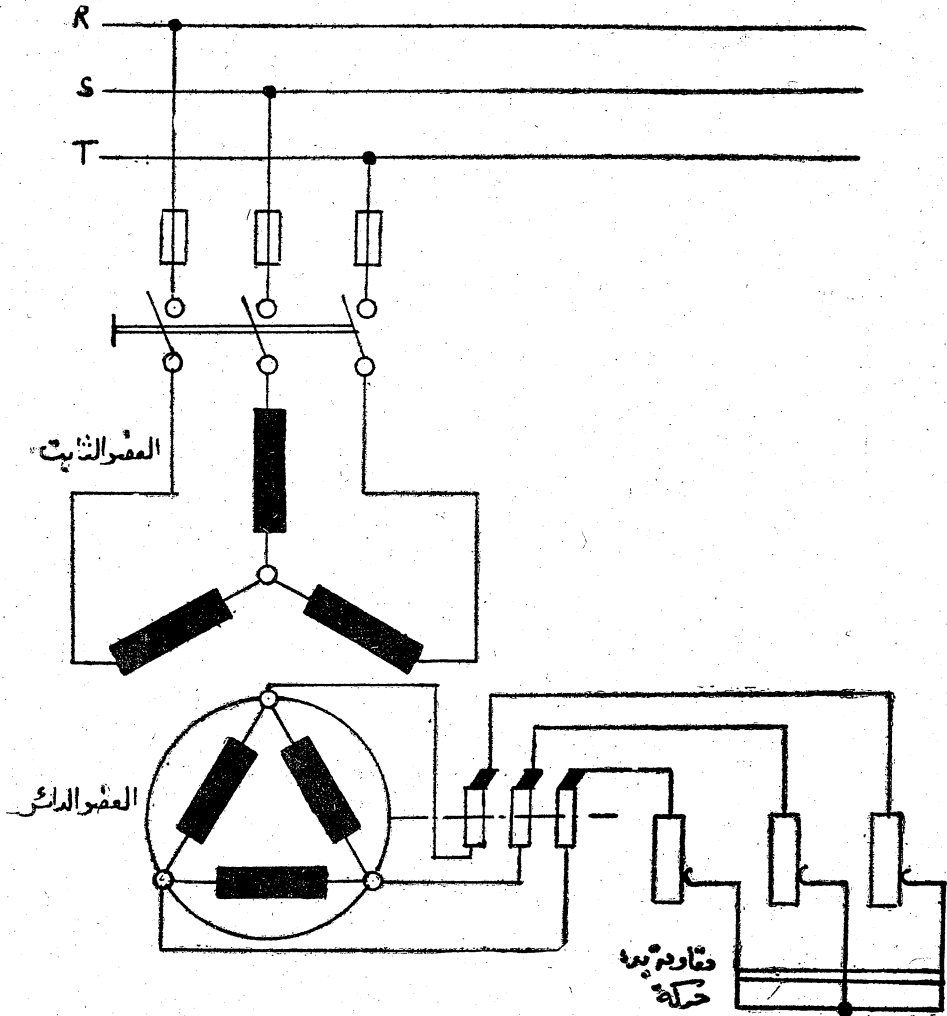
التشغيل وتسمح بمرور تيار مثل تيار الحمل الكامل مما يسبب عزم دوران عند بدء  
الحركة بساوى عزم الدوران أثناء التشغيل العادى عند الحمل الكامل .

وتصنع ملفات العضو الدائر مثل ملفات العضو الثابت تماماً في المحركات ذات  
القدرة الصغيرة تكون على شكل ملفات سلكية وفي القدرات العاليه تكون على  
شكل قضبان وتوصل ملفات العضو الدائر إم على شكل نجمة أو على شكل دلتا  
كما بالرسم شكل ٢٠/٥ - ٢٠/١ - ٢٠/٥ - ب .



٥/٢٠ محرك لاستنتاج ذي عضو دائري ملفوف متصل بطريقة النجمة ومتصل معه مقاومة بدء حركة وتكون مقاومة بدء الحركة من ثلاثة شعب كل منها على شكل مقاومة متغيرة - تتصل بداياتها بفرش حلقات الإنزلاق أما الثلاثة أطراف المتحركة فتتصل معاً بذراع بادئ الحركة المتحرك الذي يرتكز على الثلاثة مقاومات - وفي توصيل النجمة تكون مقاومة بدء الحركة كلها متصلة مع أن ملف العضو الدائر عند لحظة توصيل التيار وتقصر المقاومة تدريجياً كلما زادت السرعة إلى أن تخرج المقاومة كلية من الدائرة والعكس صحيح في توصيل الدلتا - ويجب أن يكون

مساحة المقطع للتوصيلات مناسبة لتحمل التيار المار بالعضو الدائر — ولا يجب فصل الذراع المتحركة عن المقاومات وإلا تفتح دائرة الملفات ويقف المحرك — ويجب عند قيام المحرك بسرعه العادية عمل قصر كامل على حلقات الإنزلاق بواسطة



شكل ٢٠/هـ محرك لإستنتاجى ذو عضودائر ملفوف متصل بطريقه الدائره ومتصل معه مقاومة بدء حركة .

خوصه ترتكز على الحلقات — ولكي لا تنفك كل الفرش بسبب إحتكاكها الدائم مع حلقات الإنزلاق فيجب رفعها بعد ذلك عن حلقات الإنزلاق — ويقوم بهذا

العمل جهاز قصر كهربائي يعمل برافعه يدوية أو أوماتيكياً حيث يتم القصر على حلقات الإنزلاق ثم ترفع الفرش بعد ذلك — وفي الحركات متغيرة السرعة يجب أن تظل الفرش مرتكزة على حلقات الإنزلاق .

٩٤٩ — بدء تشغيل الفرش وإيقاف المحركات ذات العضو الدائر الملفوف :

عند بدء الحركة تتبع الخطوات الآتية : —

١ — بعد التأكد من سلامة جهاز القصر الكهربائي يوصل مفتاح التيار الرئيسي .

٢ — يجب تحريك ذراع بادئ الحركة بانتظام ويبطئ حتى وضع التشغيل وبذلك يكون المحرك قد وصل إلى سرعته العادية .

٣ — تحريك جهاز القصر الكهربائي باليد مع رفع الفرش عن حلقات الإنزلاق — وإذا كان جهاز القصر يعمل أوماتيكياً فإنه يقوم بعمله تلقائياً عند وصول المحرك إلى سرعته المقننه .

وعند إيقاف المحرك تتبع الخطوات الآتية :

١ — يفصل المفتاح الرئيسي عن التيار .

٢ — تحريك ذراع بادئ الحركة إلى وضع الإيقاف ويتم ذلك بعد فصل المفتاح الرئيسي مباشرة .

٣ — فصل جهاز القصر الكهربائي مع إرتكاز الفرش على حلقات الإنزلاق — وإذا كان الجهاز يعمل أوماتيكياً فإن خوصة القصر ترتفع تلقائياً وترتكز الفرش على حلقات الإنزلاق أوماتيكياً .

ومقاومات بدء الحركة لها أهمية كبيرة في زيادة عزم الدوران عند الإبتداء — وتعتبر هذه الخاصية من مميزات العضو الدائر الملفوف كما يتضح من منحنيات العزم والسرعة التي سيأتي شرحها بالتفصيل .

تيار العضو الدائر :-

يكون تيار العضو عند أى إنزلاق مساوياً لخارج قسمة القوة الدافعة الكهربائية المتولدة على محصله المقاومات للعضو الدائر حيث  $\text{سم} = \text{تيار العضو الدائر}$ .

$$\frac{\text{سم}}{2(X\text{سم} + \text{سم}^2)} = \frac{\text{سم}^2}{2Z} = \text{سم} \therefore$$

حيث  $\text{سم} = \text{ق}$ ، ذلك المتولده في العضو الدائر عند إنزلاق قيمته  $\text{سم}$ .

$$2Z\text{سم} = \text{محصلة المقاومات للعضو الدائر عند إنزلاق سم}$$

$$\text{سم} = \text{المقاومة المادية للعضو الدائر}.$$

$$X\text{سم} = \text{الممانعة التأثيرية للعضو الدائر}.$$

$$\text{ومن ذلك يتضح أن سم تتناسب مع } \frac{\text{سم}}{2(X\text{سم} + \text{سم}^2)}$$

حيث  $\text{سم}$  اللينبوع ثابت وكذلك التدفق المغناطيسى ثابت.

ويتضح من ذلك أنه كلما زاد الإنزلاق كلما زاد بسط هذا الكسر ومقامه ولكن زيادة البسط تكون أكبر - وتقرب جداً زيادة المقام من زيادة البسط كلما زاد الإنزلاق لأن تأثير  $\text{سم}$  في المقام يكون صغيراً في هذه الحالة بحيث يمكن إهماله - مما تقدم يمكن إستنتاج أن التيار يزداد بزيادة الإنزلاق في العضو الدائر وكلما قربت سرعة العضو الدائر من سرعة التوافق كلما زاد التيار طردياً مع الإنزلاق  $\text{سم}$  - وأنه كلما كبر الإنزلاق كلما قل التيار تدريجياً.

عزم الدوران في المحرك الإستنتاجى :

نحن نعلم أن عزم الدوران يتناسب مع التدفق  $\Phi$  ومع شدة التيار  $\text{سم}$  ومع مامل الدرة جئاً  $\Phi$  وبما أن التدفق  $\Phi$  ثابت المقدار لأن ضغط اللينبوع ثابت.

$$\therefore \text{عزم الدوران} \propto \text{سم} \text{ جئاً } \Phi.$$

أى أن عزم الدوران = مقدار ثابت  $\times \omega \times \phi$  .  
والمقدار الثابت نرمز له بالرمز  $c$  .

$$\frac{I \omega}{\sqrt{I^2 + I_p^2}} = c \omega$$

$$\frac{I}{\sqrt{I^2 + I_p^2}} = c \phi$$

$$\therefore \text{العزم} = c \times \frac{I \omega}{\sqrt{I^2 + I_p^2}}$$

ويمكن إعتبار  $c$  ثابتة وعلى ذلك يكون : -

$$\text{عزم الدوران} = c \times \frac{I \omega}{\sqrt{I^2 + I_p^2}} \text{ عند إنزلاق } (1)$$

١١-١ عزم الدوران عند بدء الحركة :

قبل أن يبدأ المحرك دورانه تكون  $\omega = 1$

$$\frac{I}{\sqrt{I^2 + I_p^2}} = (c)$$

$$\text{ويكون عزم الدوران} = c \times \frac{I}{\sqrt{I^2 + I_p^2}} \quad (2)$$

ومن المعادلة (١) يمكن معرفة العلاقة بين عزم الدوران والإنزلاق وشكل ٢١/٥

يبين هذه العلاقة - فإذا فرضنا أن مقاومة العضو الدائر وممانعته التأثيرية عند بدء

الحركة ثابتين فإن عزم الدوران يتوقف على الإنزلاق  $\dot{\theta}$  وعند ما يكون الإنزلاق صفراً أى سرعة العضو الدائر تساوى سرعة التوافق فإن الممانعة التأثيرية تكون صغيرة بالنسبة للمقاومة المادية  $\dot{\theta}$

$$\text{ويكون عزم الدوران} = \dot{\theta} \times \frac{\dot{\theta}^2}{\dot{\theta}^2} = \frac{\dot{\theta}^2}{\dot{\theta}^2} \text{ تقريباً}$$

أى أن عزم الدوران يتناسب طردياً مع الإنزلاق .

وعندما يكون الإنزلاق كبيراً تكون سرعة العضو الدائر قريبه من الصفر ويكون مقدار الممانعة كبيراً جداً بالنسبة للمقاومة المادية بحيث أنه يمكن إهمال هذه المقاومة .

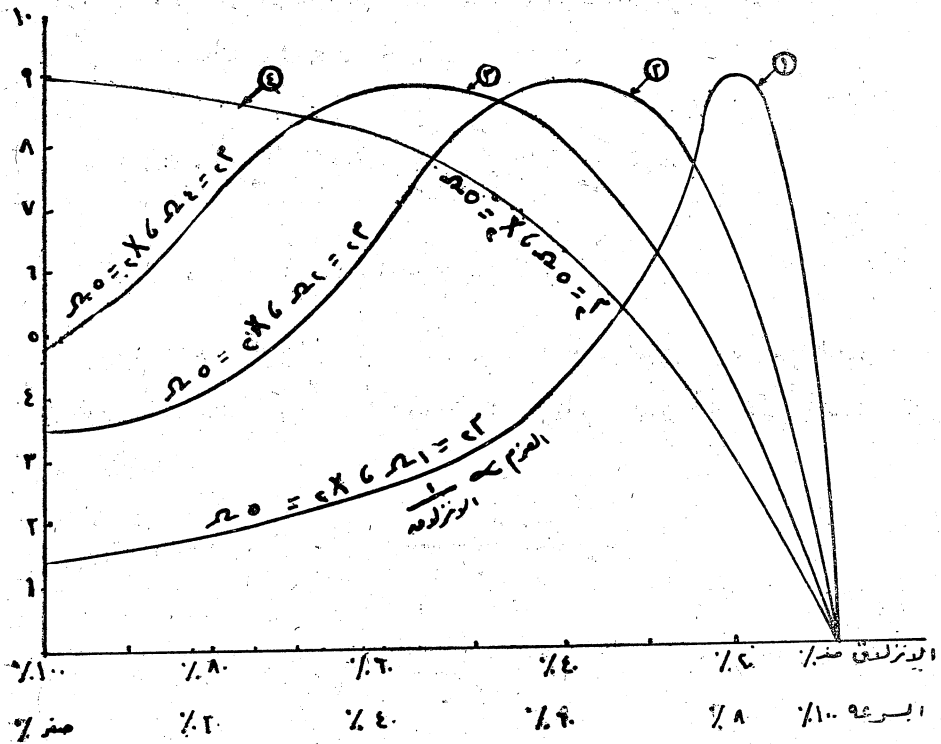
$$\text{ويكون العزم} = \dot{\theta} \times \frac{\dot{\theta}^2}{(\dot{\theta}^2 \times \dot{\theta}^2)}$$

$$= \dot{\theta} \times \frac{\dot{\theta}^2}{\dot{\theta}^2 \times \dot{\theta}^2}$$

أى أن العزم يتناسب مع  $\frac{1}{\dot{\theta}}$

أى أن العزم يتناسب عكسياً مع الإنزلاق عند السرعات البطيئة وشكل ٢١/٥ يوضح العلاقة بين عزم الدوران والإنزلاق - وقد رسمت هذه المنحنيات للحرك إستنتاجى مقاومة ملفات عضوه الدائر المادية  $\dot{\theta} = 1$  أوم لكل وجه وممانعته قبل بدء الحركة  $\dot{\theta} \times (\omega) = 5$  أوم ظا لكل وجه ومن الرسم المنحنى ١ يبين العلاقة بين عزم الدوران والإنزلاق في حالة عدم وجود مقاومة مادية بالتوالى موصلة مع ملفات العضو الدائر والمنحنى ٢ عند توصيل مقاومة مادية بالتوالى مع كل وجه مقدارها ١ أوم وبذلك تكون المقاومة المادية الكلية لكل

وجه ٢ أوم والمنحنى ٣ عندما تكون المقاومة السكّية لكل وجه ٤ أوم والمفحى



شكل ٢١/٥ منحنيات الخواص المعرك الإستنتاجي بين العلاقة بين عزم الدوران والإنزلاق أو السرعة

٤ عندما تكون المقاومة السكّية لكل وجه ٥ أوم وواضح من هذه المنحنيات أنه كلما زادت المقاومة المادية الخارجية الموصلة مع ملفات العضو الدائر كلما زاد عزم الدوران عند بدء الحركة وهذه الميزة نحتاج إليها في المحركات التي تبدأ الدوران عند الحمل الكامل .

ونلاحظ كذلك أن النهاية العظمى لعزم الدوران نحصل عليها عندما تتساوى الممانعة التآثيرية للعضو الدائر مع المقاومة المادية أى أن عزم الدوران يكون أكبر ما يمكن عند : —

$$R_m = X_p$$



وواضح من هذه المنحنيات أنه كلما زادت المقاومة  $\omega$  كلما حصلنا على هذه النتيجة عند إنزلاق قريب من بدء الحركة وواضح من المنحنى الرابع أن النهاية العظمى لعزم الدوران عند بدء الحركة حيث  $\omega = 0$ .

أي أن عزم الدوران يكون نهاية عظمى عند الإنزلاق الذي تكون فيه الممانعة التأثيرية تساوى المقاومة المادية وتكون قيمة الإنزلاق في هذه الحالة : —

$$\omega = \frac{r}{X} \times \frac{r}{X}$$

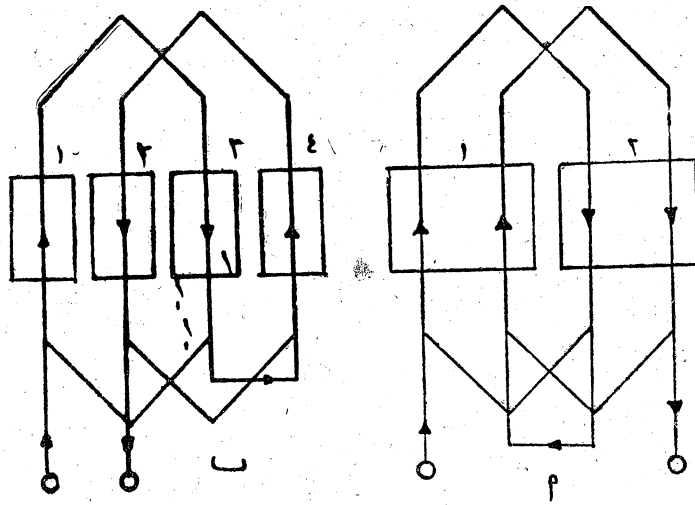
١٢٤٠٥ تغيير السرعة في المحركات الإستنتاجية :-

سبق أن عرفنا أن سرعة المحركات الإستنتاجية تتوقف على عدد الأقطاب وعدد ترددات التيار فإذا كان تردد التيار ثابتاً — فإنه يمكن تغيير السرعة بتغيير عدد الأقطاب ولو أنه من الممكن تغيير السرعة بتغيير الإنزلاق بواسطة التحكم في مقاومة بدء الحركة فبذلك يمكن إستخدامها لغرض بدء الحركة ولتنظيم السرعة كذلك وكما نعلم أن هذه المقاومة تكون متصلة بالتوالى مع ملفات العضو الدائر فلكي تستخدم في تنظيم السرعة لا بد أن تظل طوال وقت التشغيل متصلة مع المحرك وبذلك يمر بها تيار ملفات العضو الدائر فلذلك يجب أن يكون مقطع السلك المصنوع منه المقاوم بحيث يتحمل هذا التيار ولا ترتفع درجة حرارته ومن عيوب هذه الطريقة أن جزءاً كبيراً من القدرة الكهربائية المأخوذة من الشبكة بواسطة المحرك يفقد في هذه المقاومة ( مقاومة تنظيم السرعة ) ومن عيوب هذه الطريقة كذلك هو تغيير سرعة المحرك بتغيير الحمل .

تغيير السرعة بتغيير عدد أقطاب المحرك :

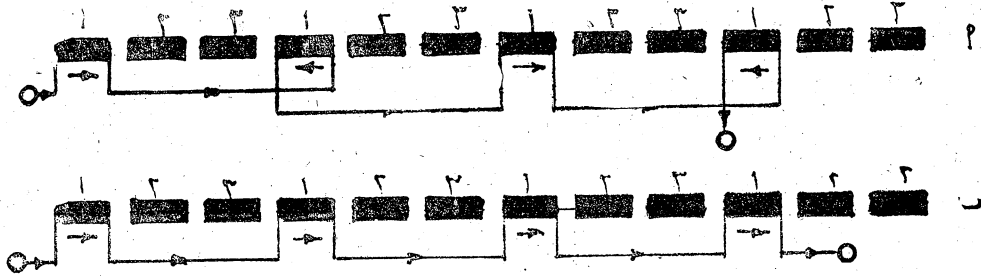
يمكن تغيير عدد الأقطاب أم بتغيير طرق توصيل المجاميع للملفات للأوجه

الثلاثة أو عن طريق إستخدام ملفات في المحرك ذات أقطاب متغيرة عن عدد أقطاب ملفات المحرك الأولى - وذلك بإستخدام توصيلة الأقطاب المتعاقبة ويمكن الحصول على الأقطاب المتعاقبة بتغيير توصيل أطراف المجاميع للمفات العضو الثابت وكما هو واضح في شكل ٢٢/٥ أنه أمكن مضاعفة الأقطاب في الملفات بتغيير



شكل ٢٢/٥ طريقة توليد الأقطاب المتعاقبة بتغيير أطراف توصيل المجاميع

أطراف توصيل المجاميع معاً كما هو واضح في شكل ٢٣/٥ - اوصلت مجاميع الوجه الأول بالطريقة العادية وكان الناتج أربعة أقطاب حيث كانت القطبية مختلفة في المجاميع المتجاورة وفي شكل ٢٣ - ب كانت المجاميع المتجاورة للوجه الأول



شكل ٢٣/٥ طريقة التوصيل العادية وطريقة الأقطاب المتعاقبة

أ - توصيل المجاميع بطريقة عادية لإنتاج أربعة أقطاب  
ب - توصيل المجاميع بطريقة التعاقب لإنتاج ثمانية أقطاب

متشابهة في القطبية ولذلك أمكن الحصول على ثمانية أقطاب كما سبق شرحه في شكل ٢٢/٥ حيث أمكن الحصول على أقطاب متعاقبة .

### ١٣ ر ٤ ره المحركات ثنائية السرعة : —

من المقدمة السابقة قد علمنا أن طريقة الأقطاب المتعاقبة تمكننا من الحصول على عدد من الأقطاب معين وبواسطة تغيير وصله المجاميع يمكن الحصول على ضعف عدد الأقطاب — فمثلا في المحرك ذو القطبين تكون سرعته أقل قليلا من ٣٠٠٠ لفة / دقيقة وبواسطة الأقطاب المتعاقبة يمكن الحصول على أربعة أقطاب فيكون سرعة المحرك أقل قليلا من ١٥٠٠ لفة وهكذا وبذلك يمكن الحصول على سرعة وضعها ٣٧٥ لفة / دقيقة ، ٧٥٠ لفة / دقيقة ١٥٠٠ لفة / دقيقة / ٣٠٠٠ لفة / دقيقة .

### طرق توصيل المحركات الثنائية السرعة : —

يمكن الحصول على طريقتين للمحركات الثنائية السرعة حسب الآتي : —

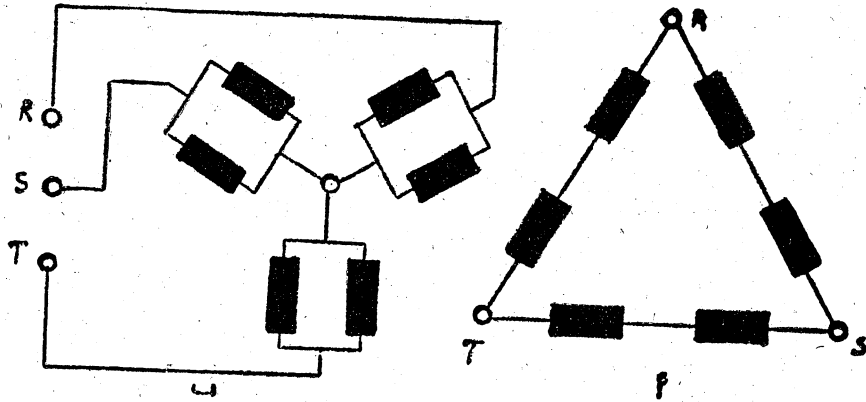
#### ١٣ر٤ره محركات ذات قدرة ثابتة عند سرعتين مختلفتين : — شكل ٢٤/٥

يمكن الحصول على قدرة ثابتة بالحصان عند ما يكون التوصيل نجمة ثنائى على التوازي وذلك في السرعة العالية — أما في السرعة المنخفضة فيكون التوصيل دلتا على التوالى .

#### ١٣ر٤ره محركات ذات عزم دوران ثابت عند سرعتين مختلفتين : —

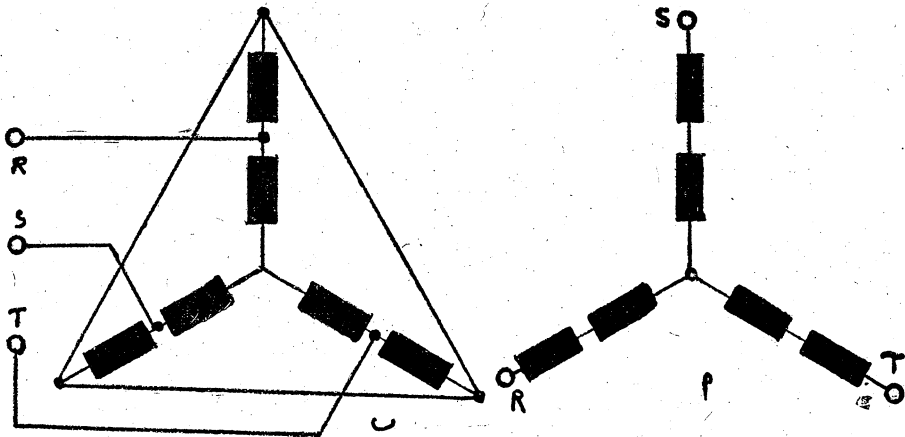
و (شكل ٢٥ / ٥) يبين طريقتين للتوصيل أحدهما نجمة على التوالى للسرعة المنخفضة والآخرى طريقة الدلتا لنفس عدد الأقطاب أى ٢ قطب — ولكن في

الحياة العملية يراعى إختلاف عدد الأقطاب للسرعة العالية قطبان والسرعة



شكل ٢٤/٥ طرق التوصيل عند ثبات القدرة مع تغيير السرعة  
 ١ - توصيل دلتا توالى ٢ قطب  
 ب - توصيل نجمة ثنائى على التوازى ٢ قطب .

المنخفضة ٤ أقطاب أو ثمانية أقطاب وهكذا والرسم شكل (٢٦/٥) يبين

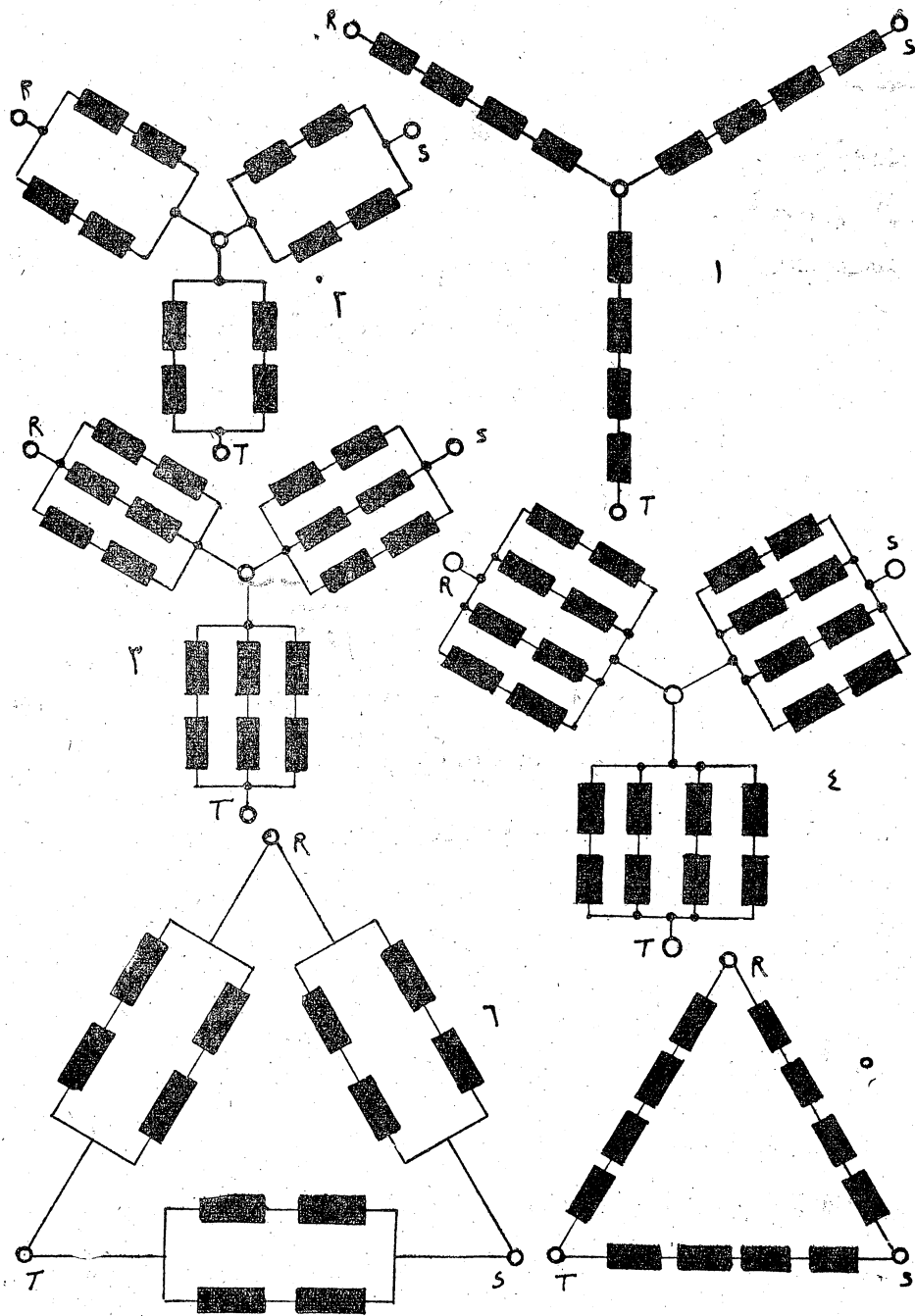


شكل ٢٥/٥ طرق التوصيل عند ثبات عزم الدوران مع تغيير السرعة .  
 ١ - توصيل نجمة توالى عند سرعه منخفضه ب - توصيل دلتا عند سرعه عاليه

أنواع التوصيلات المختلفة وعدد الأقطاب لكل نوع .

٤١٤ رزم الحركات ذات السرعات المتعددة : —

في هذه الحركات يمكن تغيير السرعة إلى أكثر من سرعتين وتكون الملفات



شكل ٢٦/٥ التوصيلات المختلفة لجاميم الالف المستخدمة في الحركات الثنائية السرعة  
بيان عدد أقطاب كل منها :-

- ١ — توصيل نجمة توالى ٤ قطب .
- ٢ — توصيل نجمة ثنائى توالى ٤ قطب .
- ٣ — توصيل نجمة ثلاثى توالى ٦ قطب .
- ٤ — توصيل نجمة رباعى توالى ٨ قطب .
- ٥ — توصيل دلتا توالى ٤ قطب .
- ٦ — توصيل دلتا ثنائى توالى ٤ قطب .

في العضو الثابت للمحرك عبارة عن ملفين منفصلين يشغل كل منهما جزء من المجارى ويتبع في نظام الالف لهما نظامان مختلفان بشرط أن يسكون عدد الأقطاب في كل منهما يختلف عن الآخر علاوة على إتباع نظام الأقطاب المتعاقبة وبذلك يمكننا الحصول على ثلاثة سرعات مثل : —

٧٥٠ و ١٥٠٠ و ٣٠٠٠ لفة / دقيقة .

أو ١٠٠٠ و ١٥٠٠ و ٣٠٠٠ لفة / دقيقة .

أو الحصول على أربعة سرعات مثل : —

٣٧٥ و ٥٠٠ و ٧٥٠ و ١٠٠٠ لفة / دقيقة .

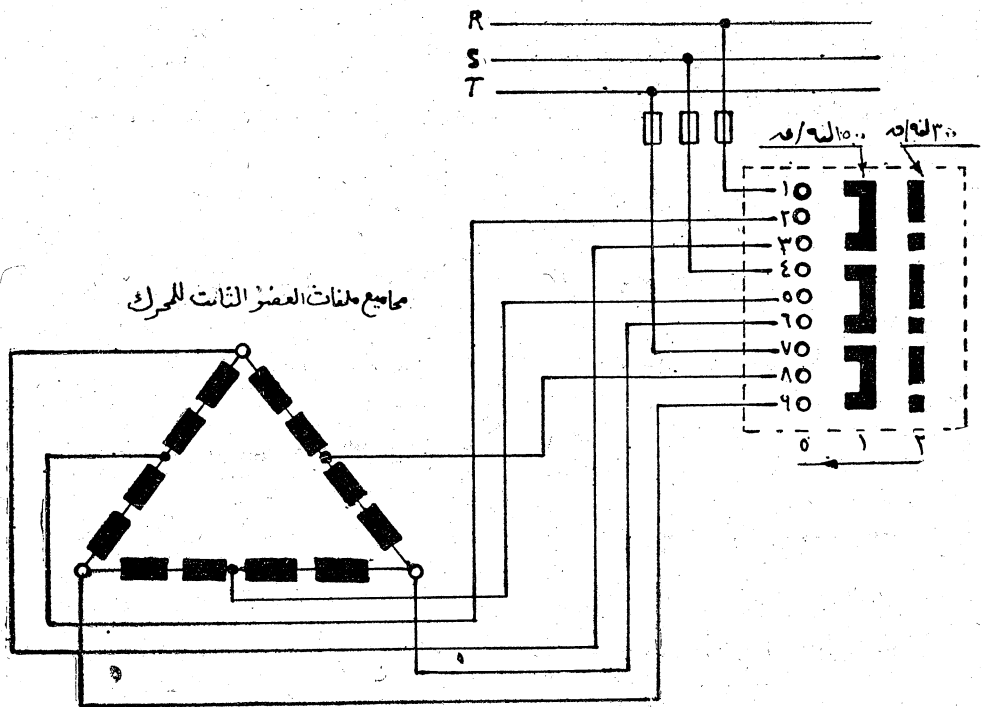
أو ٥٠٠ و ٧٥٠ و ١٠٠٠ و ١٥٠٠ لفة / دقيقة .

أو ٥٠٠ و ١٠٠٠ و ١٥٠٠ و ٣٠٠٠ لفة / دقيقة .

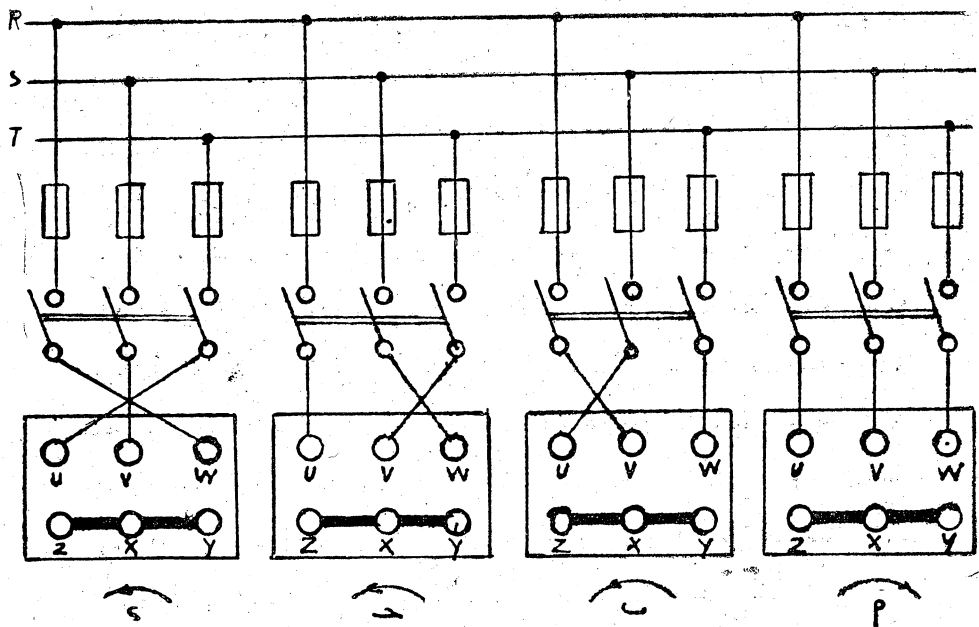
ويلاحظ أن السرعة الفعلية تكون أقل قليلاً من السرعات السابقة بسبب الانزلاق ويستخدم لتغيير السرعات أنواع مختلفة من المفاتيح لها عدة حركات بعدد السرعات التي يشتمل عليها المحرك والشكل ٥ / ٢٧ يبين التوصيل الكهربى لمفتاح تغير السرعة لمحرك استثنائى .

١٥ ر ٤ ر ٥ عكس إتجاه الدوران في المحركات الاستثنائية ذات الثلاثة أوجه : —

يحدد إتجاه الدوران للعضو الدائر إتجاه المجال الدائرى فإذا كان المجال الدائرى يتحرك مع عقارب الساعة فإن العضو الدائر يتحرك مع عقارب الساعة وإذا كان المجال الدائرى يتحرك ضد عقارب الساعة فإن العضو الدائر يتحرك ضد عقارب الساعة كذلك ولكى نغير إتجاه دوران العضو الدائر لابد أن نغير إتجاه المجال الدائرى ويتم ذلك بتبديل أحد أطراف المحرك محل الآخر وفى شكل ٥ / ٢٨ - ١ بدور المحرك مع عقارب الساعة ويلاحظ في هذه الحالة أن قضبان التيار العمومى



شكل ٢٧/٥ مفتاح تغيير عدد الأقطاب للمفات العضو الثابت لمحرك إستنتاجي ليعطينا قطبين أو أربعة أقطاب للسرعة العالية ٣٠٠٠ لفة / دقيقة أو ١٥٠٠ لفة / دقيقة على الترتيب



شكل ٢٨/٥ طرق عكس اتجاه الدوران في المحركات الإستنتاجية للتيار ثلاثه أوجه

TSR متصلة على الترتيب مع أطراف ملفات العضو الثابت WVV ولكي نعكس اتجاه دوران العضو الدائر ليدور ضد عقارب الساعة تتبع أحد الطرفين الثلاثة الأتية:

في شكل ٢٨/٥ - ب يتصل R مع V ، يتصل S مع V .

وفي شكل ٢٨/٥ - ح يتصل S مع W ، يتصل T مع V .

وفي شكل ٢٨/٥ - د يتصل R مع W ، يتصل T مع U .

١٦٤٥ تغيير سرعة المحرك بتغيير تردد التيار :

أقصى سرعة يمكن الحصول عليها هي ٣٠٠٠ لفة / دقيقة وذلك عند تردد ٥٠ ذبذبة لكل ثانية حيث لا يمكن أن يقل عدد الاقطاب عن قطبين وإذا كان المطلوب سرعة أعلى من ٣٠٠٠ لفة / دقيقة وجب استخدام آلات لمغيرات التردد لتغذى محركات السرعة العالية ويتكون مغير التردد مثل المحرك الاستنتاجي ثلاثي الأوجه ذو العضو الدائر الملفوف ( ذو حلقات الإنزلاق ) وهذا المحرك يعمل كمغير للتيار ( مولد ) حيث يتصل عضوه الثابت بالينبوع المراد تغيير تردده ويؤخذ التيار ذو التردد المرتفع من حلقات الإنزلاق للعضو الدائر ويتصل على عمود إدارة هذا المغير محرك آخر يستخدم كمحرك للتشغيل وهو عبارة عن محرك إستنتاجي ذو قفص سنحجاب يغذى من نفس الينبوع فيدور ويدير معه المحرك - كما نعلم أن هذا المحرك عند توصيله بتردد ٥٠ ذبذبة في الثانية - فإنه يقول في ملفات العضو الدائر له قبل بدء دوران العضو الدائر تيار ذو تردد ٥٠ ذبذبة / ثانية وكلما زادت سرعة العضو الدائر كلما قل تردد التيار المولد به - فإذا أمكن دوران العضو الدائر للمحرك المغير عكس دوران المجال الدائري بواسطة محرك التشغيل عندئذ يقول تيار في العضو الدائر للمحرك المغير ذو تردد أعلى من تردد الينبوع وكلما زادت سرعة دوران العضو الدائر في الاتجاه المضاد للمجال الدائري كلما زاد ضغط وتردد التيار المولد في العضو الدائر وفي هذه الحالة يكون تردد العضو الدائر هو : -



$$\text{تردد العضو الدائر} = \frac{\text{تردد الينبوع (سرعة التوافق + سرعة العضو الدائر)}}{\text{سرعة التوافق}}$$

ويلاحظ أنه إذا كانت سرعة العضو الدائر مساوية لسرعة التوافق بغرض إهمال الإنزلاق فإن تردد العضو الدائر للمغير يكون ضعف تردد الينبوع ويرتفع الضغط المتولد في العضو الدائر لمغير التردد بنفس نسبة إرتفاع التردد ويلاحظ أن قدرة محرك التشغيل تكون أقل بكثير من قدرة المحرك المستخدم كمغير للتردد لأن جزءاً كبيراً من القدرة الخارجة من المغير يؤخذ من الشبكة عن طريق التحويل ويمكن حساب القدرة الميكانيكية لمحرك التشغيل بالمعادلة الآتية :-

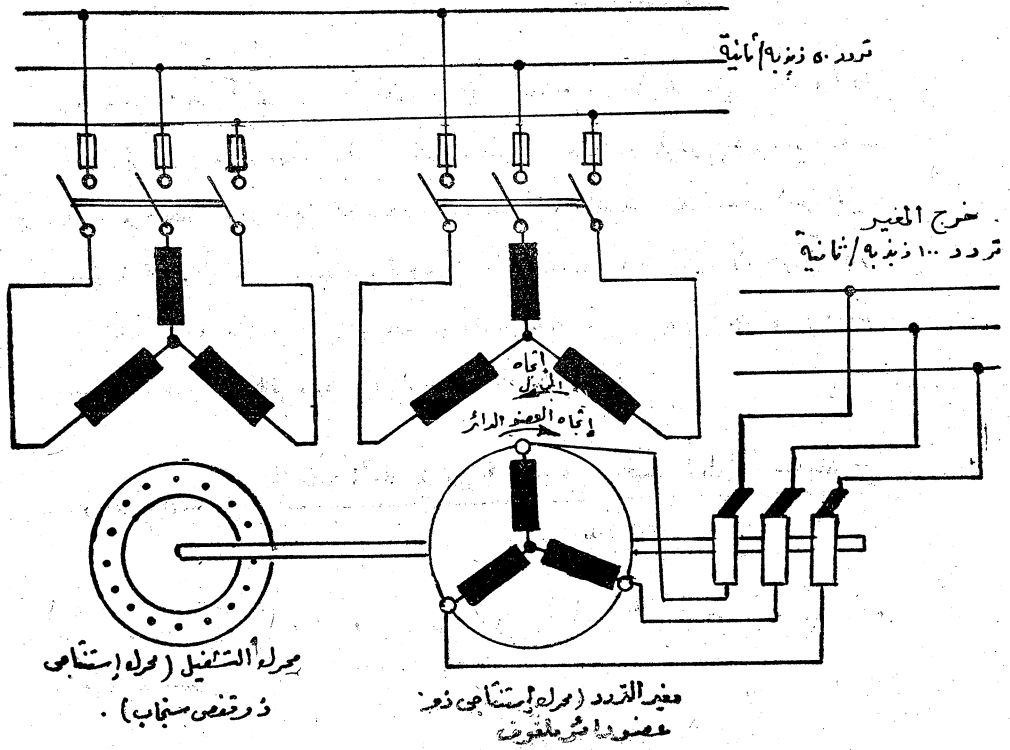
$$\text{قدرة محرك التشغيل} = \frac{\text{القدرة المأخوذة من المغير} \times (\text{تردد العضو الدائر} - \text{تردد الينبوع})}{\text{تردد العضو الدائر}}$$

الرسم شكل ٥ / ٢٩ بين دائرة مغير التردد ثلاثة أوجه ومتصل معه محرك للتشغيل :

٥ هـ المحركات الاستنتاجية ذات الوجه الواحد :-

عند دراسة المحركات الإستنتاجية متعددة الأوجه رأينا أنه من الضروري لكي نحصل على مجال دائري لإحداث عزم الدوران أن يكون التيار المار في ملفات العضو الثابت متعدد الأوجه ( وجهان أو ثلاثة أوجه ) - أما إذا مر تيار وجه واحد في ملفات العضو الثابت خلال دائرة واحدة فإن المجال الناشئ حول الملفات هو مجال مغناطيسي متقطع لا يعطينا مجال دائري - ولهذا السبب لا يمكن أن يتولد عزم دوران في المحرك الإستنتاجي ذو الوجه الواحد عند بدء الحركة - أما إذا مار هذا المحرك بوسيلة خارجية فإن موصلات العضو الدائر تقطع المجال المغناطيسي وتولد بهما س . ٥ بحيث يتولد عزم دوران كافٍ يجعل المحرك يستمر في دورانه - ولكي يبدأ المحرك الإستنتاجي ذو الوجه الواحد الدوران تلقائياً دون الحاجة إلى

مساعدة خارجية تتبع عدة طرق لإنشاء المجال الدائري عند بدء الحركة كما سيأتى



شكل ٢٩/٥ دائرة مغير التردد

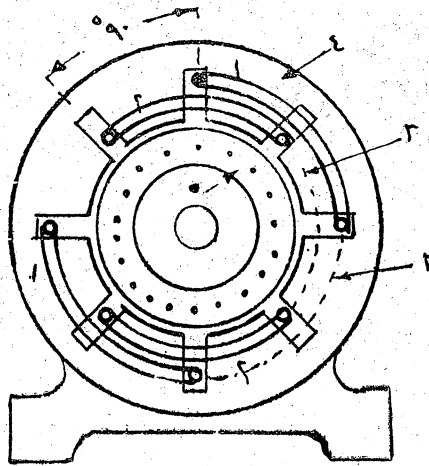
شرحها بالتفصيل . ولكى يمكن عملياً توليد مجال دائرى وقت بدء الحركة - يجب أن يحقوى العضو الثابت على ملفين - الملف الرئيسى ويسمى التشغيل وملف آخر لبدء الحركة ويسمى ملف التقويم كما هو واضح فى شكل ٣٠/٥ ، ويتصل الملفان معاً بالتوازى ثم بالينبوع ويجب أن يكون التيار فى كل منهما مختلفاً فى الوجه بزاوية مقدارها  $90^\circ$  أو نصف خطوة قطب وبذلك يمكن أن يمر تيارين مختلفى الوجه فى الملفين (ملف التشغيل وملف التقويم) وهذا يشبه تماماً التيار ذو الوجهين علماً بأن المنبع عبارة عن مصدر واحد للملفين ولتيار وجه واحد ويمكن أن يكون التيار فى أحد الملفين متقدماً أو متأخراً عن التيار فى الملف الآخر بزاوية مقدارها  $90^\circ$  .

### ١٥٥٥ تركيب المحرك الاستثنائي وجه واحد :-

يتركب المحرك الاستثنائي ذو الوجه الواحد عموماً من عضوين رئيسيين هما :

#### المضو الثابت stator :

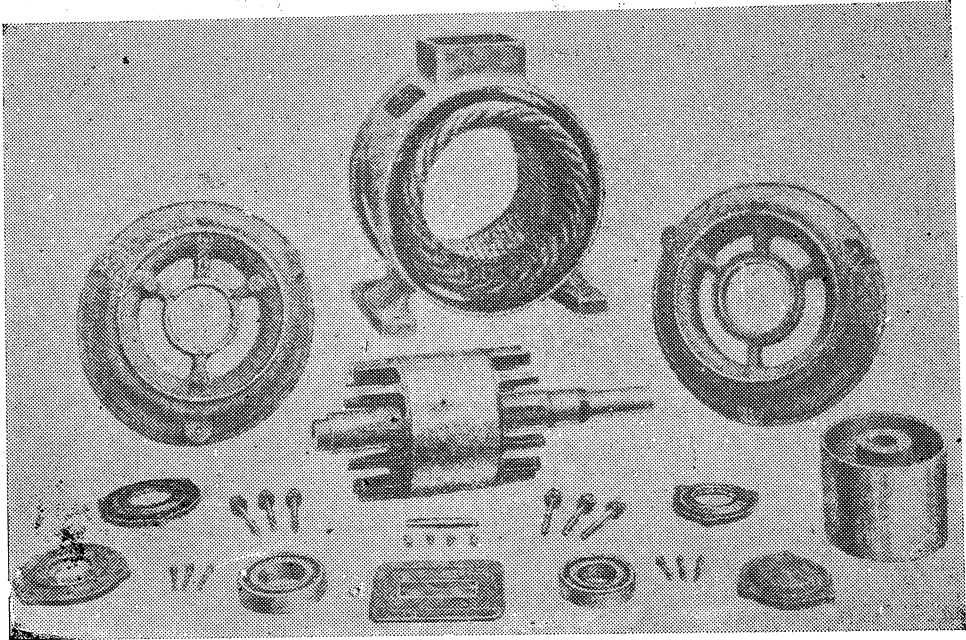
وهو يتركب من صفائح صلب محولات على شكل أقراص تثبت داخل جسم المحرك - ويوجد حول سطحها الداخلي مجارى طولية موازية لمحور الإدارة ويثبت داخل هذه المجارى مجموعتين من الملفات كما سبق القول أحدهما تسمى ملفات التشغيل والأخرى تسمى ملفات التقويم وكما هو واضح في شكل ٣٠/٥ أن الزاوية بينهما ٩٠° كهربائية ( نصف خطوة قطبية ) وهاتان المجموعتان



شكل ٣٠/٥ محرك إستثنائي واحد وطريقة توصيل ملفات التشغيل والتقويم ١ - ملفات التشغيل ٢ - ملفات التقويم ٣ - وصلة خلفيه ٤ - العضو الثابت ٥ - العضو الدائر  
هما ملفات التقويم وملفات التشغيل لهما أربعة أطراف ويتصلان معاً بالتوازي مع الينبوع ويكون البعد بين جانبي هذه الملفات مساوي للخطوة القطبية وتحدد المحطوة القطبية بعدد الأقطاب في العضو الثابت التي على أساسها تتحدد سرعة المحرك .

## العضو المتحرك Rotor : —

يتركب العضو المتحرك من أسطوانة من صفائح صلب المحولات ويتراوح سمك هذه الصفائح بين ٠.٥ مم إلى ٠.٧٥ مم وتكون معزولة عن بعضها بطبقة رقيقة من الورنيش حتى يقل المفقود بها بسبب تعرضها للتدفق المغناطيسى المتغير وتثبت هذه



شكل ٣١/٥ مفردات محرك إستثنائى وجه واحد من نوع قفص السنجاب

الأسطوانة على عمود الإدارة وفي أغلب الأحيان يثبت قريباً منها مروحة للتبريد ويوجد حول سطح هذه الأسطوانة مجارى يوضع بداخلها قضبان من النحاس الأحمر أو الألومنيوم وهذه القضبان تكون على شكل قفص سنجاب كما سبق شرحه في محركات الثلاثة أوجه وتكون هذه الموصلات مقصورة من الجهتين فتتمثل دائرة القصر للعضو الدائر ويتم ذلك بواسطة حلقتين يلحم فيهما أطراف القضبان من الجهتين وتلحم الأطراف مع الحلقتين بالقصدير أو بالمونة وفي حالة

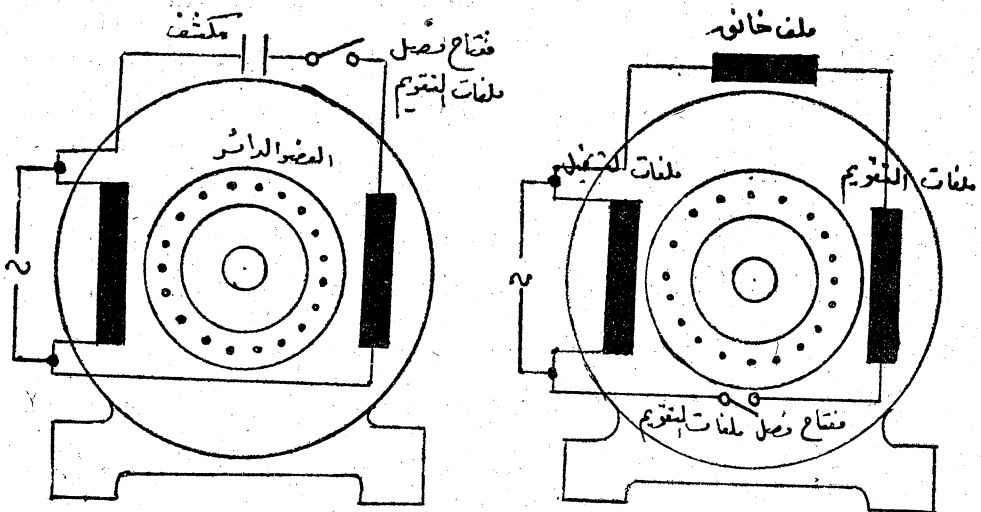
إستخدام قضبان من الألومنيوم تكون القضبان وحلقتي القصر مسبوكة مع بعضها كما هو واضح في شكل ٣١ / ٥

٢٥٥٢ طرق بدء الحركة في المحرك الإستنتاجي ذو الوجه الواحد : —

لكي يتم توليد وجه جديد من الوجه الأصلي للينبوع Splitting the phase تتبع أحد الطرق الآتية .

٢٥٥٢١ طريقة الملف الخافق : —

يوصل ملف خافق بالتوالي مع ملفات بدء الحركة ( ملفات التقديم ) كما هو واضح في شكل ٣٢ / ٥ وتوصل ملفات التقويم بالتوازي مع ملفات التشغيل —



شكل ٣٢ / ٥ طريقة التقويم بواسطة ملف خافق شكل ٣٣ / ٥ طريقة التقويم بواسطة المكثف

و واضح أن وجود ملف خافق مع ملفات البدء يجعل التيار في هذه الدائرة متأخراً عن التيار في دائرة ملفات التشغيل بمقدار  $90^\circ$  ولو أن الدائرتين متصلتين بمنبع واحد لتيار ذو وجه واحد ولكن أمكن بهذه الطريقة جعل التيار في دائرة التقويم يتأخر عن التيار في دائرة التشغيل كما لو كان التيار المستخدم هو تيار وجهان

ولذلك سميت هذه الطريقة والطريقة اللاحقة باسم طريقة سلخ أو توليد وجه جديد  $\text{splitting the phase}$  وبذلك ينشأ عن مرور التيار في دائرتي التقويم والتشغيل مجال دائري يحدث عزم دوران في العضو الدائر - وعندما يصل المحرك إلى سرعته العادية تفصل دائرة ملفات البدء (التقويم) عن الينبوع وتظل ملفات التشغيل متصلة بالينبوع حيث يقوم عليها باستمرار دوران المحرك كما هو واضح في شكل ٣٢/٥ .

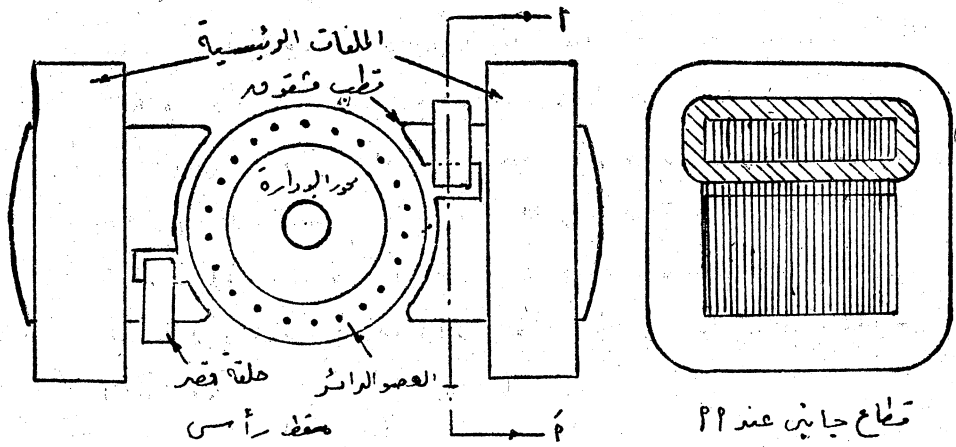
### ٣٢٥٥٢٥ طريقة المكثف :-

في هذه الطريقة يوصل مع ملفات التقويم (ملفات البدء) مكثف بالتوالي وتصل ملفات التقويم وملفات التشغيل بالتوازي مع الينبوع وعند بدء التشغيل يكون مفتاح فصل ملفات التقويم مقفلاً وبذلك يمر تيار من الينبوع في دائرتي ملفات التقويم وملفات التشغيل - ويكون التيار في ملفات التقويم متقدماً عن الضغط والتيار في ملفات التشغيل متأخراً وبذلك نحصل على نفس النتيجة السابقة - المهم هو وجود فرق في زاوية الوجه بين تيار التشغيل وتيار التقويم وعند توليد المجال الدائري وإحداث عزم الدوران يقوم مفتاح فصل ملفات التقويم بفتح دائرة ملفات التقويم وتظل ملفات التشغيل فقط هي المتصلة بالينبوع - أما مفتاح فصل ملفات التقويم فإنه يقوم بالفصل تلقائياً باستخدام نظرية الطرد المركزي وذلك عند وصول المحرك إلى سرعته العادية وشكل ٣٣/٥ يبين دائرة ملفات التشغيل وملفات التقويم وطريقة توصيلها بمفتاح الفصل وبالمكثف ثم بالينبوع .

### ٣٣٥٥٥ - محركات الأقطاب المظلمة . - $\text{shaded pole Motors}$

في هذه المحركات يكون العضو الدائر ذو قفص سفجاف أى ذو قصر كهربى أما العضو الثابت يكون على شكل أقطاب بارزة كما في آلات التيار المستمر ويوجد حول كل قطب ملف وتصل هذه الملفات معاً ثم توصل بمصدر التغذية (تيار متغير وجه واحد) وبذلك أمكن الإستغناء عن ملفات البدء (التقويم)

ولكى يمكن الحصول على مجال دائرى لانتاج عزم دوران لبدء الحركة فقد أمكن إحداث شق فى أحد جانبي القطب يوضع حوله ملف قصر على شكل حلقة أو على شكل ملف مقصور يتكون من لفتين أو ثلاثة لفات تقصر أطرافها معاً فتكون بمثابة ملف قصر وتصنع الحلقة أو ملف القصر من سلك سميك وبذلك يمكن القول بأن كل قطب يحتوى على ملفين - أولهما ملف القطب الرئيسى الذى يتصل بالينبوع وملف القصر الذى يوضع حول شق القطب الذى يستفتح به تيار قصر ولذلك يسمى هذا المحرك فى كثير من الأحيان ذو الأقطاب المشقوقة . كما هو واضح فى شكل ٣٤/٥ الذى يبين المحرك الإستنتاجى ذو الأقطاب المظلة (المشقوقة) وجودة



شكل ٣٤/٥ يبين المحرك الإستنتاجى ذو الأقطاب المظلة (المشقوقة) مسقط رأس يبين الأقطاب والعصر الدائر ومسقط جانبي قطاع ١

هذه المحركات منخفضة - ولذلك تستخدم فى القدرات الصغيرة فى حدود ١٠٠ وات أو أقل وتستخدم فى أجهزة التسجيل الصوتى أو فى أجهزة الجرامافون أو المراوح الصغيرة .

### ٣١٥٣ : نظرية تشغيل المحرك ذو الأقطاب المظلة :-

عند توصيل ملفات الأقطاب بنبوع تيار متغير يشأ فيض مغناطيسى متغير يعبر الثغرة ويقطع ملفات العصر الدائر المقصورة ويولد بها تيار قصر هذا علاوة على قطع

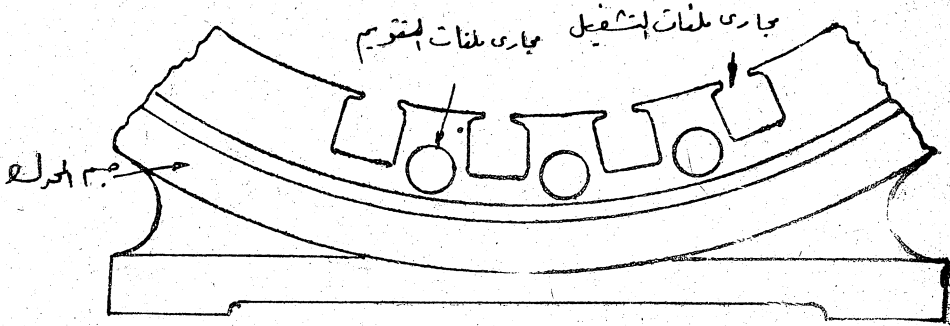
ملف القصر الموضوع على شق كل قطب فيتولد بها كذلك تيار قصر بالإستنجاج ينشأ عن مرور هذا التيار قوة دافعة كهربائية عكسية تسبب تدفق مغناطيسى فى الشق الذى حوله ملف القصر بضاد التدفق فى الجزء الغير مظلل ( أى الجزء الباقى من القطب ) وتكون كثافة الفيض المغناطيسى فى الجزء الغير مظلل أكثر منها فى الجزء المحاط بملف القصر - وعندها يبدأ تيار الملفات الرئيسية فى النقصان يتبعه نقصان كذلك فى فيض القطب ويكون العكس فى الجزء المظلل - وهذا الاختلاف فى كثافة الفيض فى شق القطب الواحد يؤدى إلى إزاحة فى التدفق فى كل من شق القطب كما لو كان كل من الملفين - الرئيسى والقصر - مغذيان من تيارين يوجد بينهما فرق فى زاوية الوجه - ويمكن إعتبار هذا الإزاحة مكافئة لوجود مجال مغناطيسى دائرى يكفى لإنتاج عزم دوران عند البدء بسبب حركة العضو الدائر فى إتجاه الإزاحة للفيض المغناطيسى - وهذا هو السبب أن عزم دوران هذا النوع صغيراً علاوة كبر القدرة المفقودة نتيجة الفقد فى ملفات الأقطاب المظلمة وتستخدم هذه النظرية فى مجالات مختلفة لتوليد عزم دوران بطريقة التيار المستنتج فى ملفات القصر كما هو الحال فى أجهزة القياس الإستنتاجية (العدادات).

#### ٤٥٥ محرك هيلاند : - Heyland motor

يعتبر محرك هيلاند ضمن المحركات الإستنتاجية ذات الوجه الواحد وسمى بهذا الاسم بسبب إسم مخترعه - وهو يتكون من عضو ثابت على شكل أسطوانة مجوفة بها نوعين من المجارى مجارى مفتوحة تحيط بسطح المتعرج من الداخل ومجارى مغلقة أتقع أسفل أسنان العضو الثابت فى مستوى أعمق من المجارى المفتوحة وشكل ٣٥/٥ يبين جزء من العضو الثابت لهذا المحرك ويوضع داخل المجارى المفتوحة ملفات التشغيل مع مراعاة خطوة اللف التى تحدد عدد الأقطاب فى المحرك وتكون الممانعة التأثيرية للمفات التشغيل أقل ما يمكن أما المجارى المغلقة فتخصص لوضع ملفات التقويم وتكون ممانعة هذه الملفات كبيرة بسبب بعدها عن سطح العضو



الثابت وبذلك عند توصيل ملفات التشغيل وملفات التقويم بالينبوع لتيار وجه



شكل ٣٥/٥ نوعى الجارى لملفات التشغيل والتقويم فى محرك هيلاند

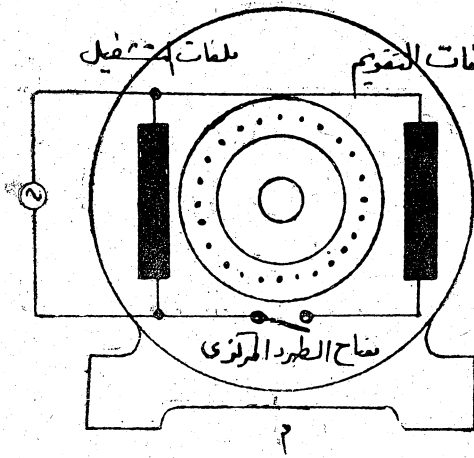
واحد تكون الزاوية بين التيار فى ملفات التقويم متأخرة  $90^\circ$  عن التيار فى ملفات التشغيل بسبب اختلاف الممانعة المغناطيسية بينهما — فعند توصيل ملفي التشغيل والتقويم بالتوازي بالينبوع ينشأ حولهما مجال دأرى يحدث عزم دوران للعضو الدائر — ويكون العضو الدائر من نوع قفص السنجاب السابق ذكره ويمكن فصل ملفات التقويم عن الينبوع بواسطة مفتاح طرد مركزى بينما تظل ملفات التشغيل متصلة بالينبوع وذلك عندما تصل سرعة المحرك إلى  $75\%$  من سرعته العادية ويكون تيار البدء حوالى  $80\%$  من التيار المقنن للمحرك فى حالة عدم تحميله فى بدء التشغيل ويصل التيار إلى ضعف التيار المقنن عند بدء التشغيل فى حالة تحميل المحرك — ولذلك قد لاقى هذا المحرك نجاحاً كبيراً فى محركات القدرة الصغيرة ذات التشغيل المتكرر — ومن عيوب هذا المحرك صعوبة وضع ملفات التقويم فى مجارى متعلقة وذلك لا يتم إلا بتكرار إدخال السلك من جانب المحرك وإخراجه من الجانب الآخر عدة مرات حتى يتم الانتهاء من العدد المطلوب من الملفات .

#### ٥٥٥ طرق فصل ملفات التقويم بعد البدء أوتوماتيكياً : —

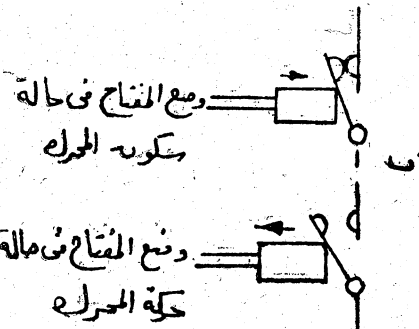
فى المحركات الإستنتاجية التى تشتغل على تيار وجه واحد والتى تحتوى على ملفات تقويم لبدء إدارة المحرك — لابد من تجهيز المحرك بمفتاح يعمل تلقائياً

فعندما يكون المحرك ساكناً يقوم هذا المفتاح بتوصيل ملفات التقويم بالينبوع لتوليد المجال الدائري اللازم لدوران المحرك عند بدء التشغيل — وبعد وصول المحرك إلى ٧٥ ٪ من سرعة المحرك العادية يقوم هذا المفتاح بفصل ملفات التقويم عن الينبوع حيث تكون هذه الملفات قد قامت بعملها في لحظات بدء التشغيل والشرط الرئيسى عند تصميم هذه المفتاح أن تعمل تلقائياً عن سرعة معينة للمحرك — وقد استخدمت أنواع مختلفة لهذه المفاتيح بنيت على نظرية الطرد المركزى وسنكتفى بشرح تركيب وعمل نوعين من هذه المفاتيح .

### ٦٥٥ مفايح الطرد المركزى :



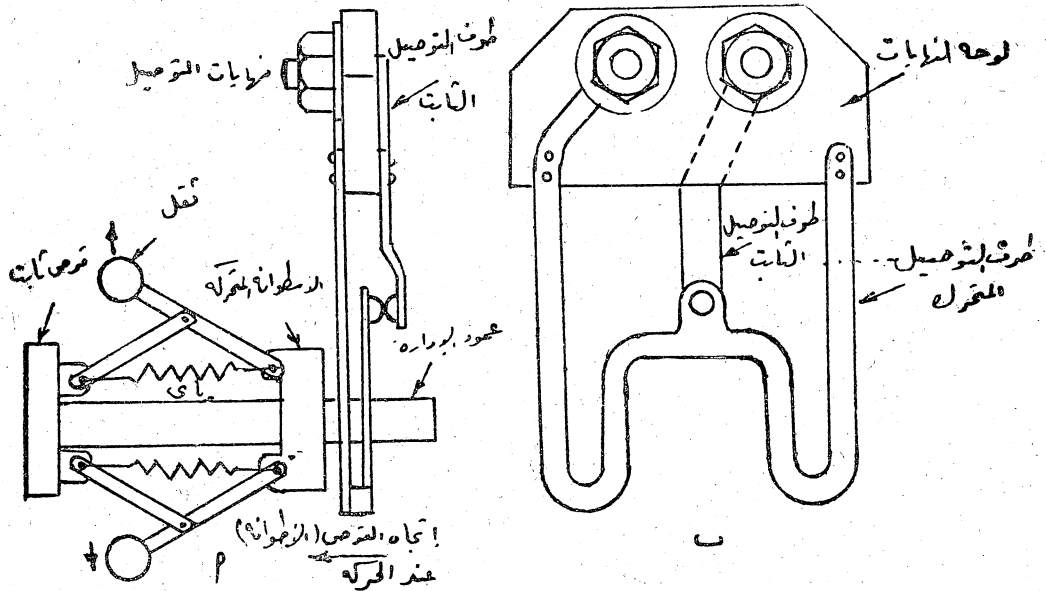
يتصل مفتاح الطرد المركزى بالتوالى مع ملفات التقويم ثم بالينبوع بينما تتصل ملفات التشغيل مباشرة بالينبوع كما هو واضح فى ( شكل ٣٦/٥ - أ ) ويمكن توضيح عمل المفتاح عموماً كما فى ( شكل ٣٦/٥ - ب ) — ويتكون مفتاح الطرد المركزى من فقط التوصيل المعزولة والمثبتة مع غطاء المحرك ويمكن التحكم فيها بجزء آخر متحرك يثبت مع عمود الإدارة فعندما يكون المحرك ساكناً يكون الجزء المتحرك ضاعطاً على نقطتى التوصيل وتكون متلامسين وعند دوران المحرك



شكل ٣٦/٥ أ طريقة توصيل مفتاح طرد مركزى مع ملفات التقويم  
شكل ٣٦/٥ ب وضع مفتاح الطرد المركزى فى حالتي السكون وحركة

واقتراب سرعته إلى السرعة العادية يبدأ الجزء المتحرك في الحركة جهة اليسار ويتعد عن طرفي التلامس فينفصلا عن بعضهما — وبذلك تفصل ملفات البدء عن الينبوع أوتوماتيكياً .

( شكل ٣٧ / ٥ ) يبين أحد أنواع مفاتيح الطرد المركزي وهو يتكون من

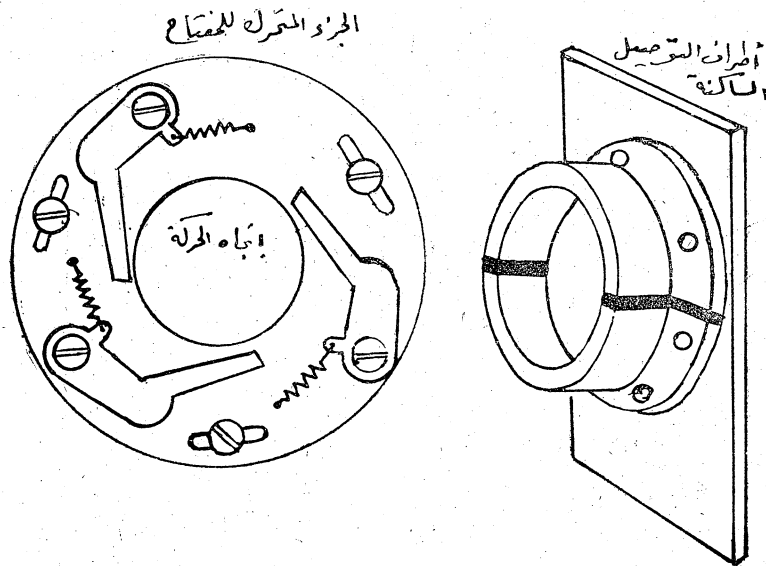


شكل ٣٧ / ٥ أ مفتاح الطرد المركزي فيه الحركة موازية لمحور الإدارة  
شكل ٣٧ / ٥ ب أطراف التوصيل عند النظر اليها من الأمام

جزئين رئيسيين الجزء الساكن وهو عبارة عن لوحة من مادة عازلة ومثبت عليها أطراف التوصيل للمفتاح وكذلك نهايات توصيل لتوصيل دائرة وأطراف ملفات التقويم وأطراف توصيل المفتاح أحدهم يكون ثابتاً وهو الطرف العلوي أما الطرف السفلي المتحرك فيكون على شكل حرف U ينفذ بين شعبتيه عمود الإدارة للمحرك ويضبط على هذا الطرف الجزء الآخر للمفتاح وهو الجزء المتحرك والذي يكون مثبتاً مع عمود الإدارة فعندما يكون المحرك ساكناً يكون هذا الجزء ضاغطاً على طرفي المفتاح ويكونا متلامسين كما في شكل ٣٧ / ٥ (أ) ويجهز

الطرف المتحرك للمفتاح بأثقال مثبتة على أذرع مفصليه ومثبتة مع أسطوانة يمكن تثبيتها مع عمود الإدارة ولكي تظل هذه الأثقال متجهة إلى مركز عمود الإدارة تشد بواسطة ياي وعند دوران المحرك نتيجة هذه الأثقال إلى الخارج مبعده عن محور الإدارة فتفكك أسطوانة التي تضغط على طرفي التوصيل بسبب إنفراج الأثقال إلى الخارج وبذلك تنفصل دائرة ملفات التقويم عن الينبوع .

والنوع الآخر شكل ٣٨ / ٥ يتكون من جزئين الجزء الساكن وهو عبارة



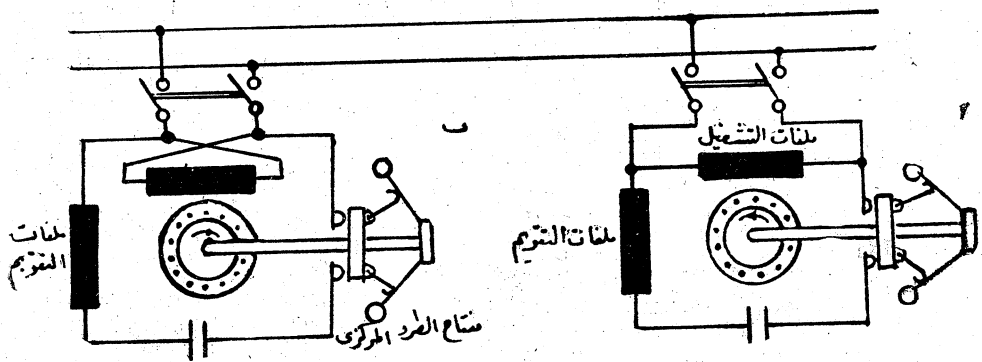
شكل ٣٨ / ٥ مفتاح طرد مركزي فيه الحركة عمودية على محور الإدارة

عن أسطوانة مجوفة من النحاس عبارة عن قطعتين معزولتين عن بعضهما ومثبتان على مادة عازلة عليها أطراف التوصيل وتثبت هذه اللوحة على غطاء المحرك من الداخل وينفذ منها عمود الإدارة للمحرك ويتكون الجزء الذي يدور من ثلاثة روافع من النحاس ترتكز جميعها على السطح الخارجى للأسطوانة المجوفة التي تمثل طرفي التوصيل ولكي تظل هذه الروافع الثلاثة متراكزة على الأسطوانة تشدها إلى الداخل ثلاثة يايات وبذلك يكون طرفي التوصيل متصلان معاً عن طريق الروافع وعند دوران المحرك تنفجر هذه الروافع إلى الخارج بفعل الطرد

المركزي مقاومة تأثير البيانات فيزول الإتصال بين نصفي الأسطوانة وتفتح دائرة ملفات التقويم — ولكن عندما يقف المحرك ترجع الروافع الثلاثة لكي تضغط على نصفي الأسطوانة وتوصلهما وتصبح ملفات التقويم متصلة بدائرة الينبوع لكي يصبح المحرك في حالة إستعداد للتشغيل مرة أخرى .

### ٧٥٥ عكس الحركة في المحركات الإستنتاجية وجه واحد : —

ويمكن عكس إتجاه دوران المحرك الإستنتاجي وجه واحد في الأنواع السابقة بعكس طرفي ملفات التشغيل . ولا بد أن يكون المحرك في حالة سكون لأن عكس هذه الأطراف أثناء دوران المحرك لافائدة منها لأن مفتاح الطرد المركزي يكون مفتوحاً وملفات البدء في خارج الدائرة — ولكن عندما يقف المحرك يقوم مفتاح الطرد المركزي مقفل الدائرة وشكل ٣٩ / ٥ — إيبين المحرك يدور في إتجاه ما وشكل ٣٩ — ب يبين المحرك يدور في الإتجاه المضاد .



شكل ٣٩ / ٥ أ ، ب طريقة عكس الحركة في محرك وجه واحد

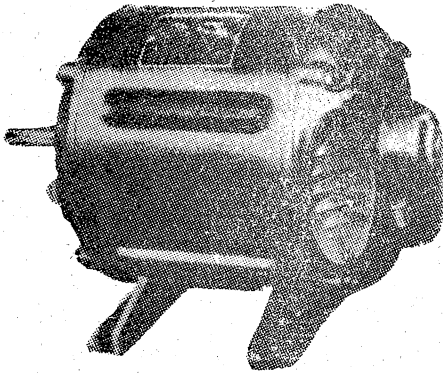
## ٦-٥ المحركات التنافرية

## Repulsion Motors

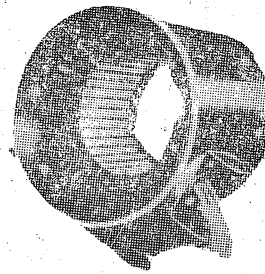
## ١-٦-٥ تركيبه :

المحرك التنافري أحد أنواع محركات التيار المتغير وجه واحد ذات عضو التوحيد ويتكون من العضو الثابت وهو عبارة عن ملفات توضع في مجارى العضو الثابت مثل الملفات الرئيسية في المحركات الإستنتاجية لتكوين عدد زوجي من الأقطاب - وفي بعض المحركات يحتوى العضو الثابت على مجموعتين من الملفات أحدهما تسمى الملفات الرئيسية والأخرى تسمى ملفات التعويض كما سيأتى شرحها بالتفصيل .

أما العضو الدائر فيشبه عضو الإستنتاج في آلات التيار المستمر وهو عبارة عن أسطوانة من صفائح صلب المحولات حول سطحها الخارجى مجارى لوضع الملفات وتنف هذه الملفات مثل منتج آلات التيار المستمر بحيث تلحم أطرافها



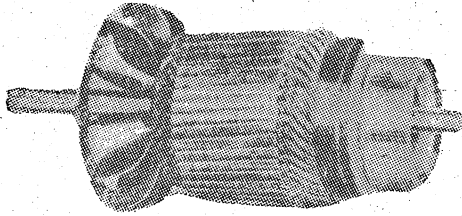
شكل ٤٠/ب  
العضو الثابت لمحرك تنافري



شكل ٤٠/أ  
منظر عام لمحرك تنافري

في قطاعات النحاس لعضو التوحيد المثبت بجوار المنتج - وتكون المجارى مائلة عموماً على محور الإدارة لكي تعطى عزم دوران ابتدائي ثابت مهما تغير وضع

المنتج بالنسبة لأقطاب العضو الثابت والشكل ٥ / ٤٠ - أ يبين منظر عام لمحرك تنافري والشكل ٥ / ٤٠ ب يبين العضو الثابت له والشكل ٥ / ٤٠ - ج يبين العضو الدائر له .



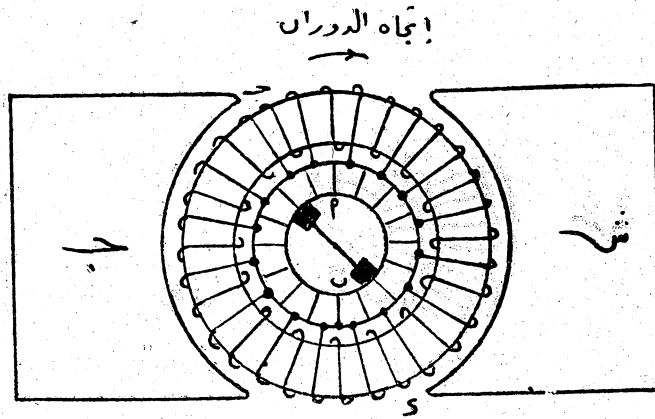
شكل ٥ / ٤٠ - ج العضو الدائر لمحرك تنافري

هذا علاوة على الغطائين الجانبين يحملان كراسي المحور وكذلك فرش كربونية ترتكز على عضو التوحيد وحواملها وتركب على أحد الغطائين الجانبيين وهي تختلف في تكوينها بحسب نوع المحرك كما سيأتى مفرجه .

## ٢٦٥ نظرية تشغيل المحركات التنافرية :

عند توصيل ملفات العضو الثابت بيمينوع تيار متغير لنتج عن ذلك عدد زوجي من الأقطاب إثنين أو أربعة شمالي وجنوبي على الترتيب والمجال المغناطيسي الناشئ متغير الاتجاه ويتبع تغيره منحني جيب الزاوية ويقطع هذا المجال ملفات العضو الدائر فيتولد بها  $e$  و  $i$  . فإذا كانت الفرشتان  $a$  ،  $b$  غير متصلتان معاً بوصلة قصر فإن الملفان  $c$  ،  $d$  فقط يمر بهما تيار مستنتج وينشأ حولهما مجال مغناطيسي مشابه لمجالات الأقطاب للعضو الثابت فيحدث بينهما تنافر يسبب عزم دوران العضو الدائر - ولذلك يسمى هذا النوع بالمحرك التنافري - ولما كان عزم الدوران الناشئ من مرور التيار في الملفين  $c$  ،  $d$  فقط يعتبر صغيراً علاوة على عدم الاستفادة من كل ملفات العضو الدائر ولذلك توضع وصلة قصر بين الفرشتين  $a$  ،  $b$  وقد أمكن بذلك للتيارات المستنتجة أن تسري في جميع ملفات العضو الدائر وينتج عن ذلك تكوين مجالين مغناطيسيين أحدهما شمالي والآخر جنوبي ويحدث بينهما وبين مجال الأقطاب الرئيسية للمفات العضو الثابت تنافر

يسبب عزم دوران أقوى ويوضح ذلك الرسم شكل ٤١/٥ ويوجد تأثير كبير



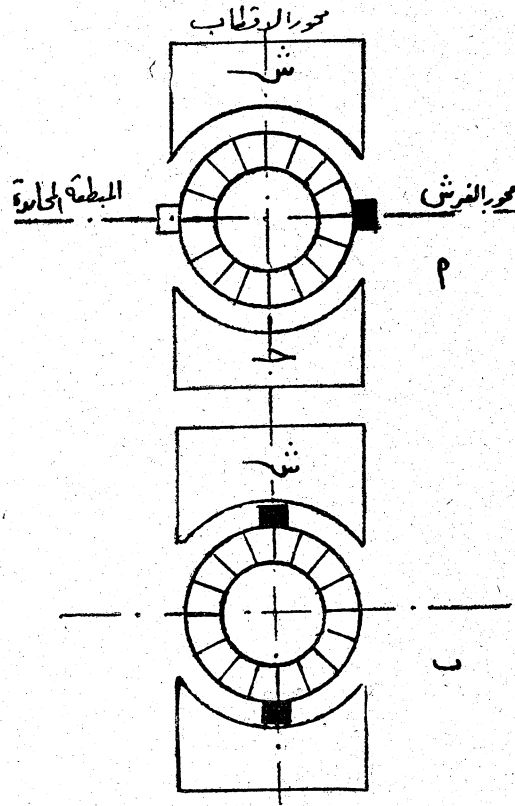
شكل ٤١/٥ نظرية المحرك التنازلي لاتجاه محور الفرش يعيل إلى اليسار عن المنطقة المحايدة فإذلك يدور المحرك جهة اليمين مع عقارب الساعة .

لوضع الفرش بالنسبة للأقطاب مم يؤثر في عزم دوران المحرك وكذلك في اتجاه الدوران — ولزاوية المحصوره بين محور الفرشتين ومحور الأقطاب تأثير كبير في عزم دوران العضو الدائري شكل ٤٢/٥ — ا يكون محور الأقطاب عمودى على محور الفرش ويكون عزم الدوران صفراً وفى شكل ٤٢/٥ — ب يكون محور الأقطاب موازى لمحور الفرش ( أو منطبقاً عليه ) ويكون عزم الدوران صفراً أيضاً . فإذا استعصنا عن الأقطاب بالرمز الشائع وهو ملفات الأقطاب للعضو الثابت بدلا من الرسم ٤٢/٥ كما فى شكل ٤٣/٥ — ا ، ب ، ح ، د فنحصل على الحالات الآتية : —

فى الشكل ٤٣/٥ — ا محور الفرش عمودى على الأقطاب أى عزم الدوران فى المحرك يكون صفراً وفى هذه الحالة يكون المحرك ساكناً وتسمى الفرش فى هذا الوضع بأنها فى المنطقة المحايدة .

وفى شكل ٤٣/٥ — ب أى عند تحريك الفرش من وضع الحياد إلى جهة اليسار



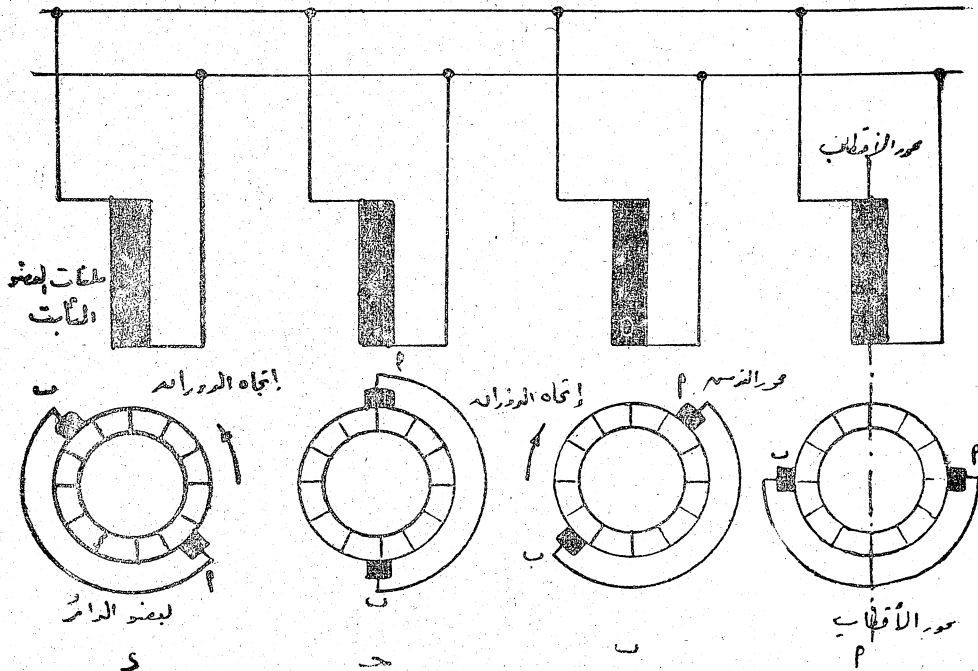


شكل ٤٢/٥ أ محاور الأقطاب عمودي على محور الفرش عزم الدوران يكون صفراً  
شكل ٤٢/٥ ب محاور الأقطاب موازى (مطابق) لمحور الفرش عزم الدوران يكون  
صفراً كذلك

وضد عقارب الساعة بزاوية ما فإن المحرك يدور جهة اليمين ( مع عقارب  
الساعة ) .

وفي شكل ٤٣/٥ - ح أى عندما يكون محور الفرش موازى لمحاور الأقطاب  
يكون عزم الدوران صفراً ويقف المحرك .

وفي شكل ٤٣/٥ - د أى عند تحريك الفرش من وضع الحياد جهة اليمين ومع  
عقارب الساعة وبزاوية ما، فإن المحرك يدور جهة اليسار ( ضد عقارب الساعة ) .



- شكل ٤٣/٥ أوضاع الفرش المختلفة بالنسبة لملفات العضو الثابت (الأقطاب) مع بيان عزم الدوران في كل حالة واتجاه الدوران : —
- ١ — وصنع الحياض عزم الدوران صفر (محور الأقطاب عمودي على محور الفرش)
- ب — محرك يدور مع عقارب الساعة .
- ج — محور الأقطاب منطبق على محور الفرش عزم الدوران صفر
- د — المحرك يدور ضد عقارب الساعة .

٣٦٥ نوعي عضو الترحيد في المحركات التنافرية وطريقة توصيل الفرش : —

كما سبق القول أن العضو الدائر في المحرك التنافري يكون مثل المنتج في آلات التيار المستمر ويثبت بجوار ملفات العضو الدائر عضو توحيد Commutator

ويكون عضو التوحيد أحد النوعين الآتيين : —

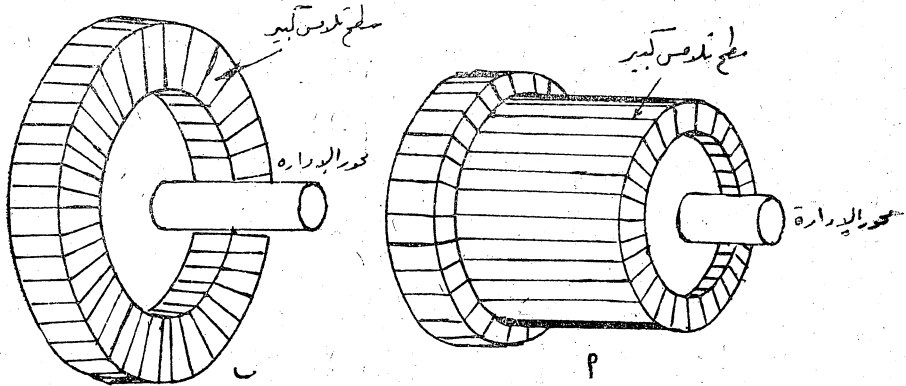
(١) عضو توحيد محوري : Axial type

وفي هذا النوع تكون شرائح النحاس موازية للمحور (أي لعمود الإدارة)

ويكون الطول المحورى لهذا النوع كبيراً ويستخدم السطح الخارجى الدائرى كسطح تلامس للفرش وهذا النوع هو المستخدم فى منتج آلات التيار المستمر وهو يستخدم كذلك فى المحركات التنافرية ذات الفرش الثابتة عند البدء والتشغيل وشكل ٤٤/٥ - أ يبين عضو توحيد محورى .

( ب ) عضو توحيد قطرى Radial Type : —

وفى هذا النوع تكون شرائح النحاس عمودية على عمود الإدارة ويكون قطر عضو التوحيد كبيراً وطوله المحورى صغيراً ويكون سطح التلامس الجانبى كبيراً وهذا النوع يستعمل فى المحركات التنافرية عند البدء والاستنتاجية عند التشغيل وشكل ٤٤/٥ - ب يبين عضو توحيد قطرى



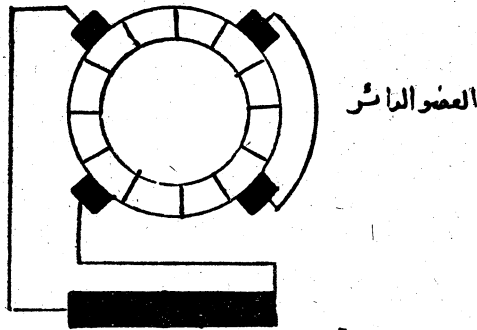
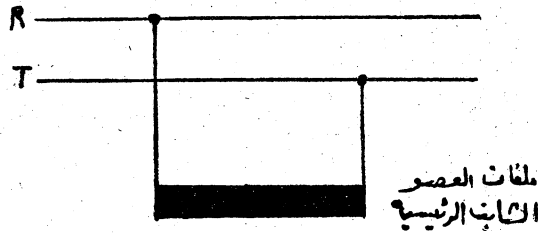
شكل ٤٤/٥ أ عضو توحيد محورى ( قضبان النحاس موازية للمحور )  
شكل ٤٤/٥ ب عضو توحيد قطرى ( قضبان النحاس عمودية على المحور )

وتتصل الفرش المرتكزة على التوحيد بوصلة قصر بصورة مستمرة فى البدء والتشغيل وتسمى هذه المحركات ذات الفرش الثابتة — ويتوقف عدد الفرش على عدد الأقطاب ونوع الملف المستعمل فى العضو الدائر ويكون عدد الفرش إثنين فى حالة الملف التمازجى مهما تغير عدد الأقطاب ويكون عدد الفرش مساوى لعدد الأقطاب فى الملف الإنطباقي ويكون عدد الأقطاب ٤ أو ٦ أو ٨ قطب وتكون عدد الفرش مساوية لهذا العدد .

وفي بعض المحركات يضاف إلى ملفات العضو الثابت ملفات أخرى إضافية تسمى ملفات التعويض ويتصل طرفاها إلى فرشتيان أخريان وليس بينها وبين ملفات العضو الثابت الرئيسية أى إتصال كهربى .

#### ٤٦٥ فائدة ملفات التعويض : —

هو تقليل الشرر بين الفرش وعضو التوحيد علاوة على تحسين معامل القدرة للمحرك وشكل ٤٥/٥ يبين محرك تنافرى ذو ملفات تعويض وفيه تتصل الملفات الرئيسية للعضو الثابت باليقبوع وملفات التعويض تتصل بالفرشتين أما الفرشتين الأخريين فيمتصان معاً بوصلة قصر كما هو واضح فى شكل ٤٥



ملفات التعويض تثبيت على العضو الثابت

شكل ٤٥/٥ دائرة محرك تنافرى ذو ملفات تعويض

#### ٥٦٥ أنواع المحركات التنافرية :

يمكن تقسيم المحركات التنافرية إلى ثلاثة أنواع رئيسية من حيث التشكوين ونظام التشغيل والبدء كالآتى :-

١ — محركات تنافرية البدء وإستنتاجية التشغيل .

٢ — محركات تنافرية البدء وتظل تنافرية في التشغيل .

٣ — محركات تنافرية إستنتاجية معاً وفي هذه الأنواع يحتوى العضو الدائر على ملفات تفصل بقضبان النحاس لعضو التوحيد علاوة على إحتوائها على قضبان قصر أى قفص سنجاب تقع أسفل المجارى للملفات العضو الدائر .

١٥٦٥٥ محرك تنافري البدء وإستنتاجى التشغيل : —

يبدأ هذا المحرك حركته على نظرية التنافر حيث يكون له عزم دوران كبير عند الابتداء ثم يظل في الحركة طوال مدة التشغيل كمحرك إستنتاجى حيث تكون سرعته ثابتة وتصل قدرة هذا النوع إلى ٢٠ حصان ويشغل هذا المحرك بطريقتين — ففى الطريقة الأولى يحتوى العضو الدائر له على عضو توحيد من النوع القطرى (قضبان النحاس عمودية على محور الإدارة) وتكون الفرش مرتكزة على قضبان النحاس عند البدء وبذلك يبدأ حركته كمحرك تنافرى وعقد وصول سرعته إلى حوالى ٧٥٪ من السرعة المقننة ترتفع الفرش بعيداً عن عضو التوحيد بجهاز طرد مركزى وفي نفس الوقت تضغط على السطح الجانبى لعضو التوحيد حلقة قصير تلامس سطح شرائح النحاس له وبذلك تقصر جميع ملفات العضو الدائر ويشغل المحرك عند ذلك كمحرك إستنتاجى ذو عضو دائر مقصور (قفص سنجاب) ويسمى بالمحرك ذو الفرش المرفوعة أما النوع الثانى فيحتوى العضو الدائر به على عضو توحيد من النوع المحورى (قضبان النحاس به تكون موازية لمحور الإدارة) وتكون الفرش مرتكزة على قطاعات النحاس عند البدء وطوال مدة التشغيل لا تتحرك من مكانها — ويكون بجوار عضو التوحيد حلقة نحاسية على شكل لولب وتثبت مع جهاز طرد مركزى يثبت بدورة مع وجه المحرك وتكون الحلقة اللولبية قريبة من عضو التوحيد وتتحرك هذه الحلقة حتى تلامس قضبان النحاس بتأثير جهاز الطرد المركزى عند وصول المحرك إلى سرعته العادية وبذلك تعمل قصر فى ملفات العضو الدائر — وعند وقوف المحرك تعود

الحلقة اللوامية إلى وضعها الأول وتبتعد عن عضو التوحيد - وبذلك يبدأ المحرك تنافري ويستغل إستنتاجي بينما تظل الفرش الكربونية مرتكزة على عضو التوحيد - ولذلك يسمى هذه النوع بإسم المحرك ذو الفرش الساكنة - وعند حدوث قصر على عضو التوحيد لا يمر تيار في الفرش رغم أنها مرتكزة على عضو التوحيد بسبب القصر الذي حدث من تأثير جهاز الطرد المركزي .

وتستخدم طريقة الفرش الساكنة في المحركات التنافرية ذات القدرة الصغيرة . ويتوقف عدد الفرش المرتكزة على عضو التوحيد على عدد الأقطاب وكذلك على نوع الف - وكذلك على إحتواء المحرك على ملفات تعويض من عدمة ويكون عدد الفرش مساوياً لعدد الأقطاب في الف الانطباقي ويكون عدد الفرش إثنان إذا كان الف تموجياً - وفي جميع الأحوال تقصر الفرش معاً بوصلة ذات مقطع سميك بينما في حالة إحتواء العضو الثابت على ملفات تعويض فتوصل فرشتين بطرفي ملفات التعويض كما سبق القول .

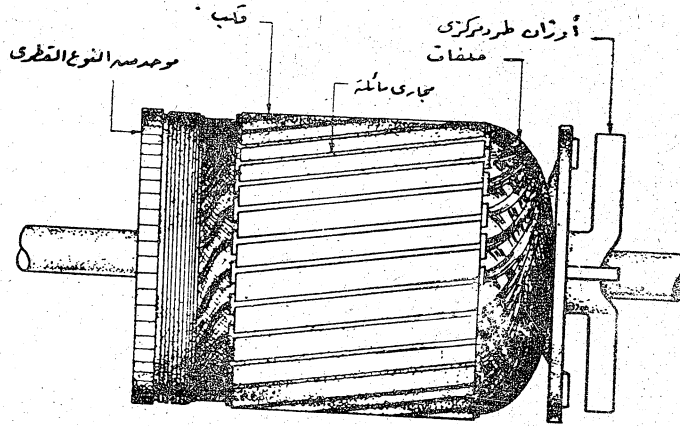
وملفات العضو الثابت للنوعين السابقين تشبه تماماً ملفات العضو الثابت في المحركات الاستنتاجية وجه واحد ذات المكثف . وتصنع ملفات العضو الثابت للمحركات التنافرية لتشغيل على ضغطى ١١٠ و ٢٢٠ فولت وتسمى محركات تنافرية مزدوجة الجهد .

وتستخدم المحركات التنافرية ذات القدرة الكبيرة في أجهزة التكيف وفي المكابس والمضخات - وعموماً في الحالات التي تحتاج إلى عزم دوران كبير عند البدء علاوة على سرعة ثابتة أثناء التشغيل .

أما ملفات العضو الدائر فتلف تماماً مثل منتج آلات التيار المستمر لف إنطباق أو تموجي ويتبع لحام أطراف الملفات مع قطع النحاس لعضو التوحيد كما هو وارد في آلات التيار المستمر - فقط يراعى أن تكون مجارى العضو الدائر التي يوضع بها الملفات ما ئلة قليلاً على المحور الأفقى وليست موازية له تماماً كما في آلات

التيار المستمر حتى يمكن الحصول على عزم دوران تنافرى عند البدء مهما كان وضع العضو الدائر بالنسبة للاقطاب - وكذلك تقليل صوت الطين عند دوران المحرك وبالأخص في محركات السرعة العالية .

وشكل ٤٦/٥ - يبين عضوداً لمحرك تنافرى من النوع التنافرى عند البدء



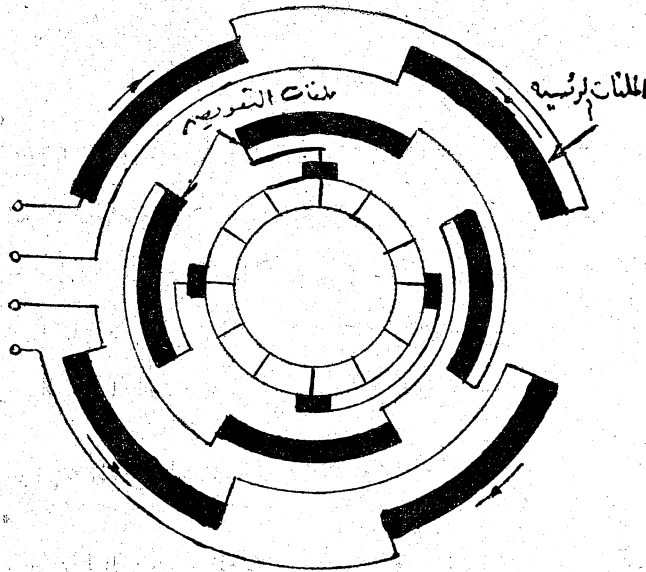
شكل ٤٦/٥ العضو الدائر لمحرك تنافرى البدء وإستنتاجى الحركة ذو عضو توحيد قطرى والإستنتاجى الحركة ذو عضو توحيد قطرى أى ذى فرش مرفوعة ويلاحظ أن الجزء الثابت لمفتاح الطرد المركزى بسكون ثابتاً مع وجه المحرك أما الجزء المتحرك فيكون ثابتاً على عمود الإدارة وقريباً من عضو التوحيد - ويلاحظ من الرسم أن مجارى العضو الدائر مائلة على المحور الأفقى قليلاً .

#### ٢٥٦٥٢٥ المحركات التنافرية البدء والتشغيل :-

يكون هذا النوع من المحركات ذو الفرش الساكنه وليس به جهاز طرد مركزى لرفع الفرش أو لإحداث قصر على قضبان عضو التوحيد بل تظل الفرش ساكنة عند الدوران كما كانت فى البدء التشغيل - ومن هذا نفهم أن المحرك عند البدء وعند التشغيل يعمل على أساس عزم الدوران التنافرى - ويكون عزم الدوران عند البدء كبيراً - أما السرعة له فتكون متغيرة الحل كما هو الحال فى محرك التوالى للتيار المستمر .

والعضو الثابت لهذا النوع يلف بنفس الطريقة للمحرك السابق - أى المحرك التنافرى البدء واستنتاجى الحركة ويكون ذو أربعة أو ستة أو ثمانية أقطاب ويمكن كذلك إخراج أربعة أطراف للملفات التشغيل حتى يمكن تغيير ضغط التشغيل له ١١٠ أو ٢٢٠ فولت وكذلك العضو الدائر له يلف مثل النوع السابق أى كما فى آلات التيار المستمر ويكون عضو التوحيد له من النوع المحورى وتكون الفرش مرتكزة عليه دائماً فى البدء وأثناء التشغيل وتكون مقصورة معاً بواسطة سلك سميك .

وهذا النوع من المحركات الثابتة الفرش يمكن عمل ملفات تعويض بها كما سبق ذكرها وتلف ملفات التعويض فى نفس المجارى التى يوضع بها ملفات التشغيل



شكل ٥ / ٤٧ طريقة توصيل ملفات محرك تنافرى وبه ملفات تعويض أربعة أقطاب يشغل على ضغط مزروج

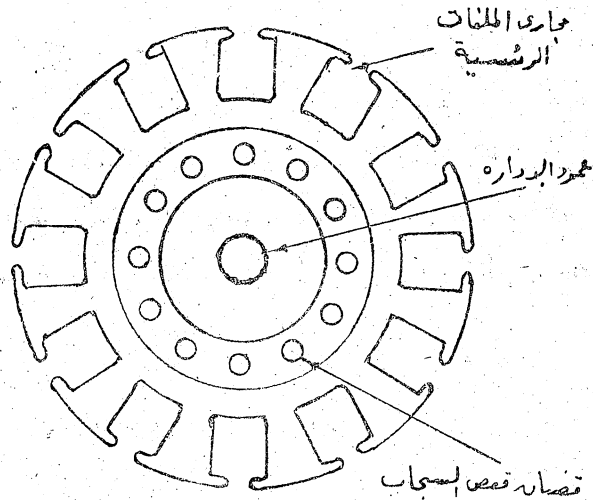
الرئيسية وتوضع فى قاع المجارى ثم يلف فوقها ملف التشغيل الرئيسية وكما سبق القول توصل أطراف الملفات الرئيسية بالينبوع أما ملفات التعويض فتوصل بفرشتين أما الفرشتين



الأخريين فيوصلان معاً أى أن ملفات التعويض تكون متصلة بالتوالى مع ملفات العضو الدائر والرسم شكل ٥ / ٤٧ - يبين توصيل ملفات محرك تنافرى البدء والتشغيل وبه ملفات تعويض ويمكن توصيل أطراف المحرك لسكى يشتمل على ضغط مزدوج ( ١١٠ أو ٢٢٠ فولت ولعكس إتجاه الدوران فى هذا النوع تعكس أطراف ملفات التعويض - وكذلك نقل حامل الفرش .

### ٣٥٦٥٣٥ المحركات التنافرية الإستنتاجية معاً : -

فى هذا النوع من المحركات يكون العضو الدائره يحتوى على ملفات قصر لقفص سنجاى تقع أسفل مجارى ملفات العضو الدائر التى تتصل أطرافها إلى قضبان النحاس لعضو التوحيد -- كما هو واضح فى شكل ٥ / ٤٨ فتقصر قضبان



شكل ٥ / ٤٨ : صفائح العضو الدائر لمحرك تنافرى إستنتاجى معاً وفيه المجارى الخارجيه للملفات الرئيسيه - وأسفلها قضبان قصر لقفص السنجاب .

القفص السنجاى من الأمام والخلف يجلقتين من النحاس أو الألومنيوم بحسب معدن القضبان أما المجارى التى تعلو قضبان القفص السنجاى فتلف على النظام الإنطباقي أو التوجيى كما فى آلات التيار المستمر وتتصل أطراف هذه الملفات

بقضبان عضو التوحيد - وفي هذا النوع تغطي الوصلات الأمامية والخلفية علاوة على وجود عضو التوحيد - فإنها جميعاً تغطي حلقات القصر للمفاتيح القفص السنجاب ولذلك يصعب التفريق بين هذا النوع والنوع السابق أى التنافرى البدء والحركة بمجرد النظر ولكى نفرق بينهما يوصل المحرك إلى الينبوع ثم ترفع الفرش عن عضو التوحيد - فإذا استمر المحرك فى الدوران فإن معنى هذا أن المحرك من النوع التنافرى الإستنتاجى معاً ، أما إذا وقف المحرك عند رفع الفرش فهذا يعنى أنه من النوع التنافرى البدء والتشغيل ويمكن عمل ملفات العضو الثابت لهذا النوع لكى تشتغل على ضغطين ١١٠ و ٢٢٠ فولت بينما تكون الفرش مرتكزة دائماً على عضو التوحيد عند البدء والتشغيل - ولذلك أصبح هذا النوع شائع الإستعمال لأنه يجمع بين خواص المحرك الإستنتاجى ذو قفص السنجاب المحرك التنافرى - كما هو الحال فى الحركات المركبة فى التيار المستمر - فيعملنا عزم دوران كبير عند البدء علاوة على سرعة ثابتة عند الأحمال المتغيرة - هذا علاوة على الإستغناء عن جهاز الطرد المركزى لأنه الفرش فيه ثابتة - ويمكن إضافة ملفات تعويض مع ملفات العضو الثابت لرفع معامل القدرة للمحرك وكذلك تحسين طريقة تنظيم السرعة وإقلال الشرر بين الفرش وقضبان النحاس لعضو التوحيد .

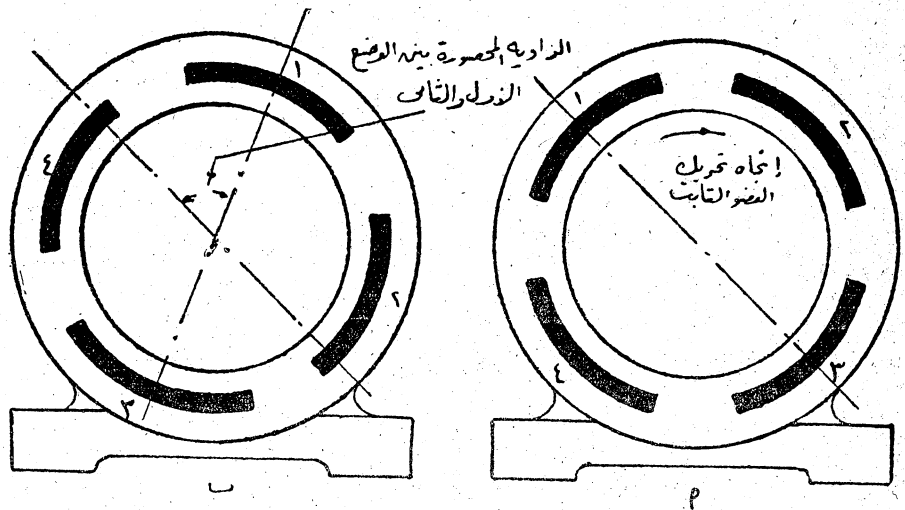
ويصنع هذا المحرك بقدرات مختلفة بين  $\frac{1}{10}$  حصان إلى ١٠ حصان وتستعمل فى الأغراض العامة بسبب جميع المميزات السابقة ولذلك فهو يناسب معظم الأغراض .

٥٦٦٦ عكس إتجاه الدوران فى الحركات التنافرى : -

سبق الحديث عن وضع الحياض عند التكلم عن نظرية المحرك التنافرى وفيه كان محور الأقطاب عمودى على محور الفرش وكان عزم الدوران فى هذا الوضع صفراً أى لا يدور المحرك - شكل ٤٣/٥ وعند تحريك الفرش بزاوية أقل من ٩٠°

عن الوضع الأول ( وضع الحياذ ) فى إتجاه ضد عقارب الساعة فإن المحرك بدور فى إتجاه عقارب الساعة وعند تحريك الفرش بزاوية أقل من  $90^\circ$  عن وضع الحياذ ولكن فى إتجاه عقارب الساعة فإن المحرك يدور فى إتجاه ضد عقارب الساعة وبهذه الطريقة يمكن عكس إتجاه الدوران فى المحركات التناظرية وهذا يتم فى محركات تناظرية البدء وإستنتاجية التشغيل وكذلك فى محركات تناظرية البدء والتشغيل يعكس إتجاه دورانه بتحريك حامل الفرش جهة اليمين أو جهة اليسار بالنسبة لوضع الحياذ فنحصل على عكس دوران المحرك علاوة على إمكانية التحكم فى سرعة الدوران ولذلك تثبت حوامل الفرش على قاعدة عازلة يمكن تحريكها جهة اليمين أو اليسار ثم تثبيتها بعد ذلك بمسامير رباط - وهذه القاعدة تثبت فى وجه المحرك .

أما فى المحركات ذات الفرش الثابتة - فإن حامل الفرش يكون ثابت



شكل ٥ / ٤٩ طريقة عكس إتجاه الدوران بتحريك حامل ملفات العضو الثابت

أ - وضع الملفات للعضو الثابت قبل عكس الحركة

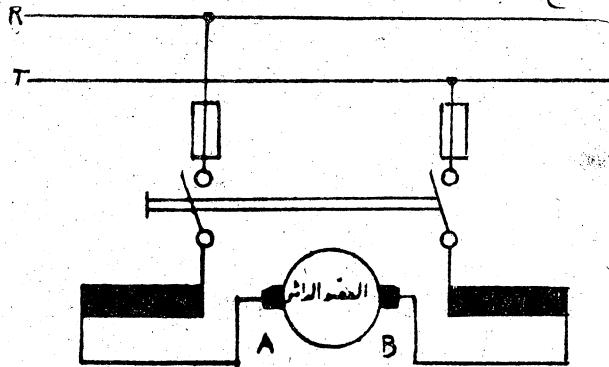
ب - تحريك الملفات للعضو الثابت للحصول على عكس الحركة .

كذلك فى النطاء الجانبى لذلك لا يمكن تحريكها - ولكى تغير من الزاوية المحصورة بين محور الأقطاب ومحور الفرش فإنه يمكن تحريك القلب الحديدى

العضو الثابت ( أى حامل ملفات العضو الثابت ) جهة اليمين أو جهة اليسار —  
ولذلك يجهز المحرك بثقوب فى حامل صفائح العضو الثابت وحامل الملفات  
حتى يمكن تغيير وضع صفائح العضو الثابت داخل جسم المحرك ثم تقبيلها بمسامير  
خاصة ويعاد بعد ذلك بجميع المحرك وشكل ٤٩/٥ يبين وضعين مختلفين للملفات  
أقطاب العضو الثابت يمكن بواسطة تغييرها الحصول على إتجاه دوران معين للمحرك  
وعكس هذا الاتجاه — ويمكن تغيير وضع الملفات للعضو الثابت التحكم كذلك  
فى سرعة دوران المحرك كما هو الحال عند تحريك وضع الفرش .

#### ٧٥ محرك التوالى وجه واحد : —

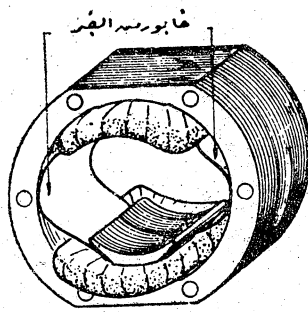
ويسمى محرك يونيفرسال وبشبهه تماماً محرك التيار المستمر — ولذلك  
يمكن تشغيل هذا المحرك بتيار متقطع ولهذا السبب سعى بالمحرك العام  
أى تشغيله على التيار المستمر أو المتغير . ويتكون هذا المحرك من عضو  
ثابت ذو أقطاب مغناطيسية مثل عضو التوليد لمحرك التيار المستمر والعضو الدائر  
مثل منتج آلات التيار المستمر — وكما فعل أن إتجاه التيار فى عضو الاستنتاج —  
أما فى حالة تشغيل المحرك على ينيوغ مقبيل فإن العضو الدائر ( المفتاح ) يكون  
متصلاً بالتوالى مع ملفات الأقطاب فأى تغير للتيار فى أحدهما يكون فى نفس



شكل ٥٠/٥ محرك توالى تيار متغير ملفات الأقطاب به متصل من جهتي العضو الدائر

بالتوالى

الوقت في العضو الآخر وعندما ينعكس اتجاه التيار في الملفات الأقطاب ينعكس كذلك في عضو الإنتاج (العضو الدائر) عقدنذ يظل اتجاه دوران المحرك كما هو واضح في شكل ٥٠/٥ يوصل عضو الإنتاج وملفات الأقطاب بالتوالي ويمكن توصيل ملفات الأقطاب من جهة واحدة أو من جهتين ونسبة لتغير المجال المغناطيسي ومنعاً لحدوث تيارات أعصاريه في القلب الحديدي للعضو الدائر أو في القلب الحديدي للأقطاب فإنها تصنع جميعاً من صفائح صلب محولات معزولة عن بعضها ويمكن أن تكون الأقطاب بارزة كما في شكل ٥٠/٥ أو أقطاب غير بارزة حيث توزع ملفات المجال في مجار تماماً مثل المحرك الأستنتاجي



شكل ٥٠ / ٥ أقطاب العضو الثابت  
لمحرك توالي مصنوعة من صفائح صلب محولات

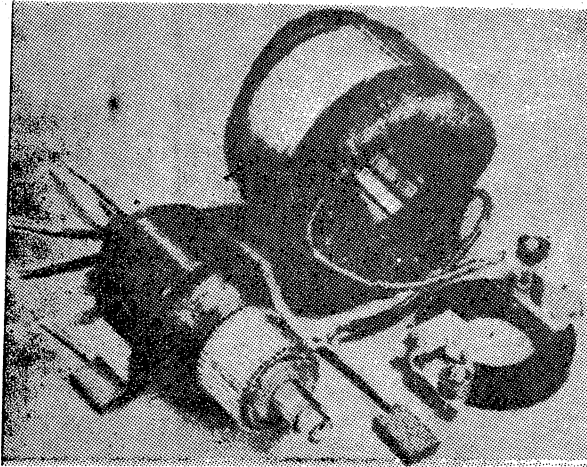
وجه واحد — ويمكن أن تتصل هذه المحركات مباشرة بالينبوع كما في شكل ٥٠/٥ أو تتصل بمقاومة بدء حركة أو باستخدام محول نفس للتقويم ويمكن تغيير اتجاه الدوران في هذا المحرك بعكس أطراف العضو الدائر أو عكس أطراف ملفات الأقطاب

#### ١٧٥ مميزات وعيوب محرك التوالي وجه واحد :

من مميزات هذا المحرك أنه يعطى عزم دوران كبير عند الإبتداء — ولذلك يستخدم في إدارة المراوح والمثاقيب وماكينات الخياطة والخلاطات وما شابهها وتكون قدرته كسر من الحصان — وعموماً يشابه في الخواص محرك التوالي للتيار المستمر ومن عيوب هذا المحرك هو حدوث شرر بين الفرش في وقت قصير — التوحيد وبالأخص عند زيادة الحمل مما يسبب نأ كل الفرش في وقت قصير — وللتغلب على هذا العيب تتركب ملفات تعويض وملفات للأقطاب المساعدة وذلك بخلاف الملفات الرئيسية للتنبيه في العضو الثابت — وتوصل هذه الملفات معاً بالتوالي مع المنتج (العضو الدائر) .

## ٨٥ الحركة ذو عضو التوحيد وملفات التعويض :-

يعتبر هذا المحرك أحد أنواع المحركات العامة وشكل ٥٢/٥ يبين المنظر العام لأجزاء محرك ذو عضو توحيد وملفات تعويض ويتركب هذا المحرك من عضو ثابت يشبه العضو الثابت للمحرك الإستنتاجي وجه واحد وحول السطح الداخلي للعضو الثابت يوجد مجارى توضع بها ملفات الأقطاب الرئيسية من قطبين أو أربعة وهي تشبه الملفات الرئيسية للمحرك الإستنتاجي وجه واحد وتلف بنفس

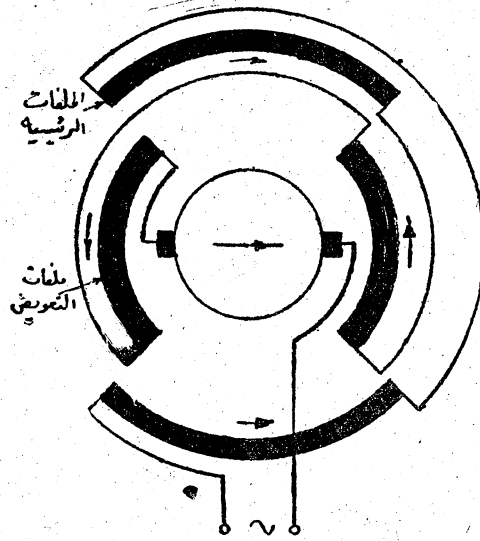


شكل ٥ / ٥٢ المنظر العام لأجزاء محرك ذو عضو توحيد وملفات تعويض

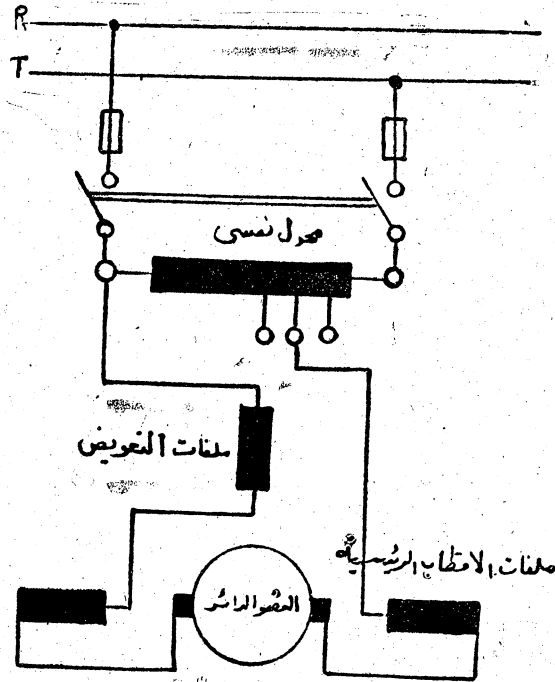
الطريقة المتبعة في هذه المحركات - ويحتوى كذلك على ملفات أخرى للتعويض وتسمى ملفات التعويض وهي تشبه ملفات التقويم في المحرك الاستنتاجي وتكون عدد من الأقطاب يساوى عدد الأقطاب للملفات الرئيسية وتوضع الوحدتان - أى الملفات الرئيسية وملفات التعويض - بحيث يكون بينهما زاوية مقدارها ٩٠° كهربائية .

وتتصل الملفات الرئيسية وملفات التعويض بالتوالى مع المنتج - وفائدة ملفات التعويض للتقليل من الشرر الناتج عن الضغط المتولد بسبب الإستنتاج النفسى للملفات المنتج - مما يسبب حدوث شرر بين الفرش وقطاعات الفحاس

وشكل ٥/٣ يبين توصيلات ملفات التعويض والملفات الرئيسية ويكون بينها



شكل ٥/٣ طريقة توصيل الملفات الرئيسية ( قطبين ) وملفات التعويض (٤ قطبين)  
كذلك ( والزاوية بينهما  $90^\circ$  بالنتج لحرك ذو عضو توحيد .



شكل ٥/٤ الدائرة الكهربائية لحرك ذو عضو توحيد وملفات تعويض متصل بالتيار  
عن طريق محول نفس يستعمل للبدء عند التشغيل .

زاوية متدارها  $٩٠^\circ$  كهربائية - مع منتج المحرك ذو عضو التوحيد وملفات التعويض وشكل ٥/٥٤ يبين الدائرة الكهربائية لنفس المحرك مع توصيل محول نفس بالينبوع والمحرك يستعمل لبدء التقويم .

### ٩٠هـ المحركات المتغيرة السرعة ثلاثة أوجه

#### ذات عضو التوحيد

يقصد بعبارة المحركات المتغيرة السرعة هو إمكانية التحكم في تغيير سرعتها بواسطة عملية وبدون تعقيد - وجميع الأنواع التي سيأتي ذكرها تستعمل على التيار المتغير ذو الثلاثة أوجه - وجميعها أيضا لها عضو توحيد مثبت مع العضو الدائر مثل المنتج في آلات التيار المستمر فهي تشترك في هذه الصفة الأخيرة مع محركات الوجه الواحد ذات عضو التوحيد السابق شرحها وهي المحركات التفاضلية والمحرك التوالى ( المحرك العمومى ) وأما بالنسبة للعضو الثابت لهذه المحركات فهو يشبه من حيث التركيب ونظام اللف للعضو الثابت للمحركات الاستنتاجية ثلاثة أوجه .

وتنقسم هذه المحركات إلى الأنواع الآتية : -

#### ٩١هـ أولا : المحرك التوالى ذو الثلاثة أوجه

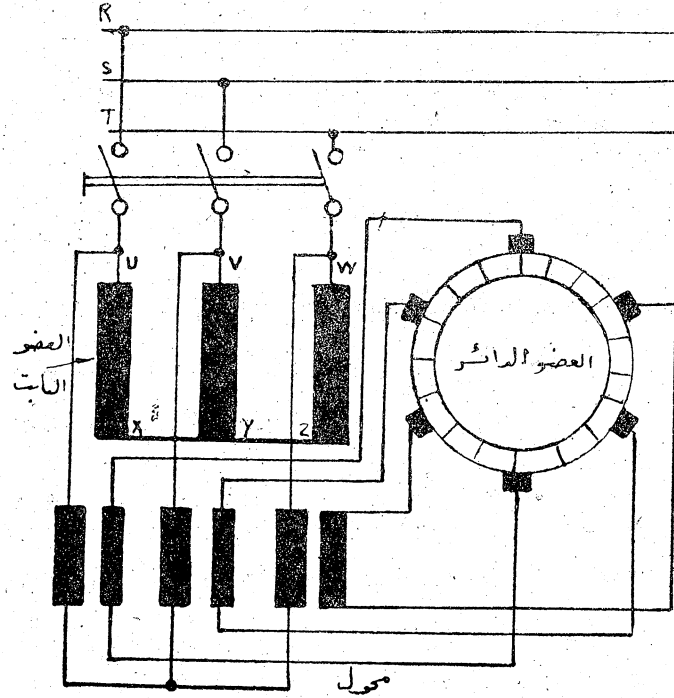
هذا المحرك له عزم دوران كبير عند البدء وتغير سرعته بتغير الحمل - ويمكن تنظيم السرعة به بواسطة تحريك الفرش - ولذلك فهو يشبه في الخواص محرك التوالى للتيار المستمر .

#### ٩٢هـ تركيب المحرك التوالى ذو الثلاثة أوجه :

يتركب كما سبق في المقدمة من عضو ثابت ذو ثلاثة أوجه يتصل معه بالتوالى الملفات الابتدائية لمحول كهربائى أما الملفات الثانوية لهذا المحول فتتصل بعضو التوحيد عن طريق ستة فرش - والعضو الدائر يكون ملفوفا مثل عضو الاستنتاج



في آلات التيار المستمر وتتصل هذه الملفات بقطاعات النحاس لعضو التوحيد وكما هو ظاهر في الرسم شكل ٥٥/٥ أن كل وجه للمحول يتصل بفرشتين متقابلتين



شكل ٥٥/٥ دائرة محرك توالى ذو ثلاثة أوجه متصل بمحول وبالبندوب  
أى أن الفرش الثلاثة المتصلة بأطراف البدايات تكون بينها زاوية مقدارها ١٢٠°  
وكذلك الفرش المتصلة بأطراف النهايات للمحول ويستخدم هذا المحول لتخفيض  
ضغط العضو الثابت إلى ضغط العضو الدائر المنخفض ويقصّل مع حامل الفرش  
رافعة متصلة بذراع يدوية يمكن تحريكها جهة دوران المحرك أو عكس اتجاه  
دورانه حتى يمكن تغيير وضع الفرش ليتمكن التحكم في سرعة دوران المحرك

### ٣٩٥ نظرية تشغيل المحرك التوالى ذو الثلاثة أوجه :-

عند توصيل ملفات العضو الثابت بالبنموذج يمر التيار في ملفات العضو الثابت  
وكذلك ملفات المحول الابتدائية وينشأ حول ملفات العضو الثابت مجال دأرى  
يقطع ملفات العضو الدائر هذا علاوة على تغذية ملفات العضو الدائر عن طريق

الفرش المرتكزة على عضو التوحيد والتي تغذى من المحول وبذلك يمكن التحكم في تغذية العضو الدائر عن طريق الاستنتاج وعن طريق المحول وبواسطة إزاحة الفرش جهة اليمين أو اليسار يمكن زيادة أو نقص سرعة المحرك فعند تحريك الفرش في اتجاه حركة العضو الدائر تنقص سرعة المحرك وكما سبق القول يتم هذا التحكم في حركة حامل الفرش بذراع يدويه تسمى ذراع تنظيم السرعة .

#### ملحوظة : —

يمكن إستخدام محول نفسى لتغذية العضو الدائر بدلا من المحول السابق وبواسطة تغيير ضغط المحول النفسى يمكن تغيير ضغط العضو الدائر وبالتالي يمكن التحكم في سرعة المحرك .

#### ٤٩٩٥ إستعمالات المحرك التوالى : —

حيث أن عزم دوران هذا المحرك كبير عند الابتداء فانه يصلح في إدارة ماكينات التشغيل وفي إدارة المضخات والمراوح الهوائية والمكابس وآلات النقل .

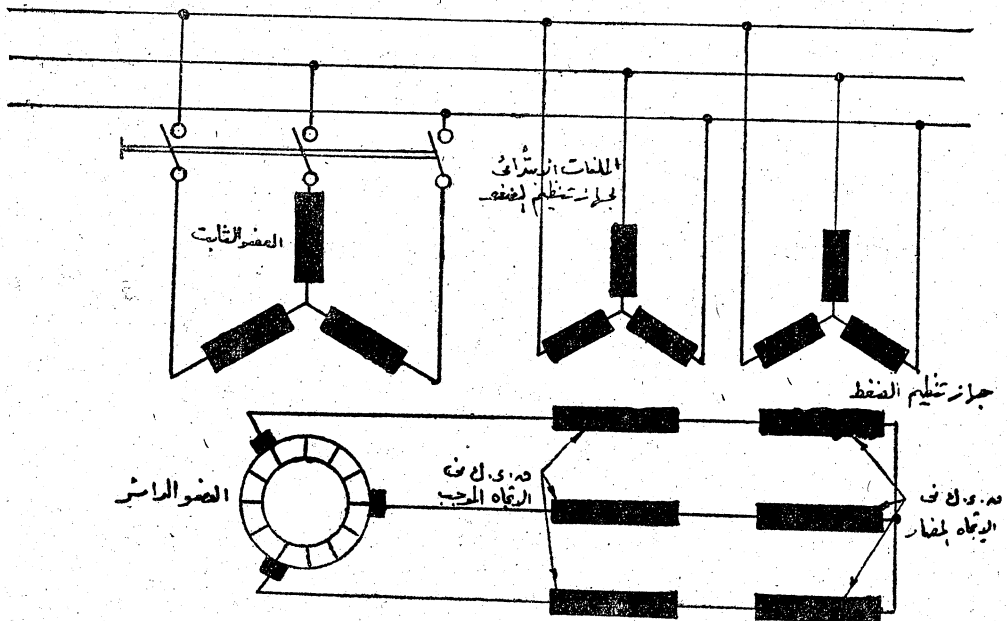
#### ٥٩٩٥ ثانيا : محرك التوازي ذو الثلاثة أوجه .

يشابه هذا المحرك في خواصه محرك التوازي للتيار المستمر حيث أن سرعته في جميع حالات التجهيل ثابتة تقريبا علاوة على إمكان تغير هذه السرعة بنسبة تتراوح بين  $\frac{1}{3}$  مرة التوافق ، مرة ونصف مرة زيادة عن سرعة التوافق — . مثلا إذا كان التردد ٥٠ ذبذبة وعدد أقطاب العضو الثابت ٤ قطب فإن سرعة التوافق تساوى ١٥٠٠ لفة / دقيقة وفي هذا المحرك يمكن التحكم في سرعته من ٧٥٠ لفة / دقيقة إلى ٢٢٥٠ لفة / دقيقة .

#### ٦٩٩٥ تركيب محرك التوازي ذو الثلاثة أوجه : —

يتركب من عضو ثابت يحتوى على ملفات ثلاثة أوجه تتصل بالينبوع — أما

المضو الدائر فهو مثل المنتج لآلات التيار المستمر تتصل أطراف الملفات به بمضو توحيد يرتكز عليه ثلاثة فرش كربونية وتتصل هذه الفرش بجهاز تغيير الضغط وهو يتكون من ستة ملفات تمثل الملف الثانوى لمحول كل إثنان منها تتصل بوجه بالتوالى — أما الملفات الابتدائى لها فهمى على شكل نجمه . وجهاز تنظيم الضغط والمسمى Induction Regulator يشبه المحرك الاستنتاجى وعضوه الثابت يتصل بالينبوع كانه ملف ابتدائى لمحول — أما عضوه الدائر فيتصل بالفرش الكربونية المرتكزة على العضو الدائر للمحرك — وهذا الجهاز الذى شبهناه بالمحرك الاستنتاجى لا يتحرك ولكن يمكن تغيير وضع الملفات الثانوية له بذراع خاصة يمكن تحريكها حتى يمكن التحكم فى وضع الملفات الثانوية بالنسبة للملفات الابتدائية له والمتصلة بالينبوع — وبذلك يمكن تغيير الضغط الواصل إلى الفرش الكربونية للعضو الدائر للمحرك وهذا الضغط إما أن يكون فى إتجاه القوة الدافعة الكهربية التى على أطراف ملفات العضو الدائر أو فى إتجاه مضاد لها وبذلك يمكن التحكم فى سرعة دوران المحرك بالزيادة عن سرعة التوافق أو



شكل ٥٦/٥ يبين محرك توافرى متصل بجهاز تنظيم الضغط

بالفحصان عنها وشكل ٥٦/٥ يبين محرك توافرى .

## ٩٧٥ نظرية تشغيل محرك التوازي : —

عند توصيل ملفات العضو الثابت للمحرك بالينبوع ينشأ حوله مجال مغناطيسي دائري يستنتج في ملفات العضو الدائر فيحدث عزم دوران وبما أن هذا العضو يتصل بملفات جهاز تغيير الضغط وبذلك يقع على أطراف ملفات العضو الدائر قوة دافعة كهربائية نتيجة الاستنتاج وكذلك القوة الدافعة الكهربائية الواصلة من جهاز تنظيم الضغط وعن طريق التحكم في قيمة هذه القوة بالزيادة أو النقصان يمكن تغيير القوة الرافعة الكهربائية على ملفات العضو الدائر وبذلك تحصل على سرعات متغيرة للمحرك - ولنفرض أن أقصى ضغط لملفات جهاز التنظيم ٢٢٠ فولت - وإن الضغط المتولد بالتأثير في ملفات العضو الدائر ٢٢٠ فولت كذلك - فإذا كان ضغط ملفات التنظيم في نفس اتجاه الضغط على ملفات العضو الدائر فإن الضغط الكلي يكون مجموع هذين الضغط وبواسطة تحريك ذراع تنظيم الضغط يمكن تخفيض ضغط التنظيم - أما إذا كان ضغط التنظيم ضد اتجاه الضغط على ملفات العضو الدائر أي الزاوية بينهما  $180^\circ$  كهربائية فإن محصلة الضغطين هو الفرق بينهما وبذلك يمكن التحكم في سرعة دوران المحرك .

## ٩٧٦ استعماله :

تستعمل هذه المحركات بقدرات من ٣ حصان إلى ٥٠٠ حصان وتستخدم في إدارة ماكينات التشغيل وماكينات الورق وماكينات الغزل والنسيج .

## ٩٧٨ ثالثاً : محرك Schrage Motor

هو أحد محركات التيار المتغير ويمكن تغيير سرعته بتحريك فرش كربونية على عضو التوحيد - وهو يختلف عن النوعين السابقين حيث أن العضو الدائر له هو الذي يتصل بالينبوع عن طريق حلقات انزلاق وليس العضو الثابت .

١٨٩٨٩٥ تركيب محرك شراجا : —

يحتوى العضو الثابت له على ثلاثة ملفات تتصل أطرافها بستة فرش كربونية كل ملف يتصل بفرشتين أو صفيين من الفرش — أما العضو الدائر فيحتوى على مجموعتين من الملفات فى الطبقة الأولى داخل المجارى يلف ملف ثلاثة أوجه كما هو الحال فى العضو الدائر الملفوف للمحرك الإستنتاجى وتتصل أطرافه بثلاثة حلقات إنزلاق وفى الطبقة الخارجية للمجارى تلف ملفات أخرى تتصل أطرافها بقطاعات عضو التوحيد ويراعى أن يثبت حلقات النحاس فى أحد جوانب العضو الدائر وأما عضو التوحيد فيثبت فى الجانب الآخر والتي يتركز عليه الفرش الكربونية المتصلة بملفات العضو الثابت — وهذه الفرش يمكن إزاحتها إما بالتقريب أو الابتعاد أو العكس حيث تنقل فرشة مكان الأخرى .

وشكل ٥٧/٥ يبين تركيب ملفات العضو الثابت والعضو الدائر وكذلك طريقة توصيل هذه الملفات الأخيرة إلى حلقات الإنزلاق ثم إلى الينبوع والملفات الأخرى متصلة بعضو التوحيد — أما ملفات العضو الثابت فتتصل بالفرش المرتكزة على عضو التوحيد .

( ا ) العضو الثابت

( ب ) ملفات العضو الثابت .

( ح ) عضو التوحيد .

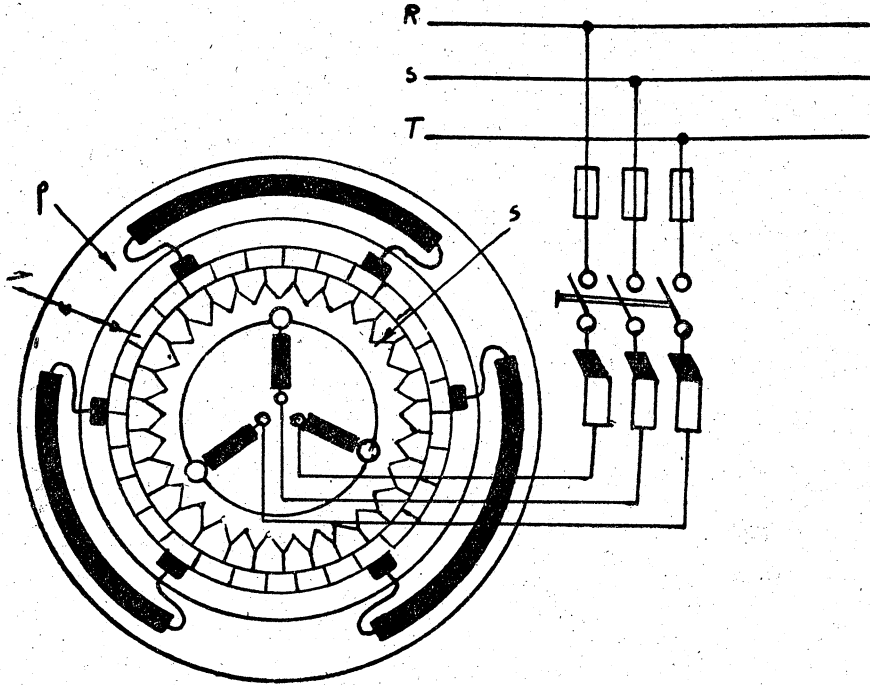
( د ) ملفات العضو الدائر المتصلة بعضو التوحيد .

( هـ ) ملفات العضو الدائر الرئيسية .

( و ) حلقات النحاس المتصلة بملفات العضو الدائر .

( ز ) الفرش الكربونية لتوصيل ملفات العضو الدائر بالينبوع .

( ح ) فرش متحركة تتصل بملفات العضو الثابت وترتكز على عضو التوحيد



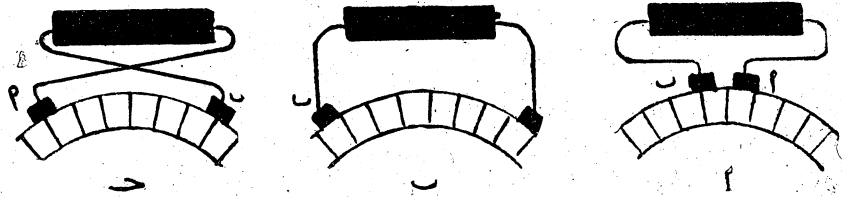
شكل ٥/٧ • التركيبات الداخلية للمفاتيح محرك شرجا وطريقة توصيلها

#### ٢٨٩٨٩٥ نظرية التشغيل والاستعمال :

عند توصيل ملفات العضو الدائر بالينبوع عن طريق حلقات الإنزلاق ينفش المجال دائري حول ملفاته ويقطع ملفات العضو الثابت مخترقا الثغرة الهوائية. وكذلك الملفات المتصلة بقطاعات عضو التوحيد ويولد بها قوة دافعة كهربائية بالتأثير. فعند مرور تيار في ملفات العضو الثابت ينتج عنه عزم دوران في اتجاه المجال الدائري وبما أن ملفات عضو التوحيد مجاورة للملفات المتصلة بالينبوع فإنه يقع على أطراف الفرش قوة دافعة كهربائية تتناسب مع عدد الملفات المحصورة بين كل فرشتين ومعنى هذا أن ملفات العضو الثابت تغذى بالضغط عن طريق الاستنتاج المتبادل من ملفات العضو الدائر — وكذلك عن طريق الفرش المركزة على عضو التوحيد وبما أن كل زوج من الفرش موصلين بطرفي ملف واحد — ويتحركان في مقابل بعضهما فيمكن أن يتقاربا أو يبتعدا أو يمكن

تبادل أحدهما بالأخرى - ومعنى هذا أنه يمكن إضافة ضغط على الضغط المستنتج في ملفات العضو الثابت أو إنقاص قيمة معينة من الضغط من ملفات العضو الثابت وذلك يتوقف على وضع الفرش بالنسبة لبعضهما - ولذلك تتصل الفرش وحواملها برافعة لها ذراع متصل مع يد متحركة يمكن بواسطتها تغيير وضع الفرش وبالتالي التحكم في ضغط العضو الثابت وكذلك سرعة المحرك .

وفي شكل ٥/٥٨ - الفرشتان ١، ب متجاورتان في قطعة واحدة من قطاعات



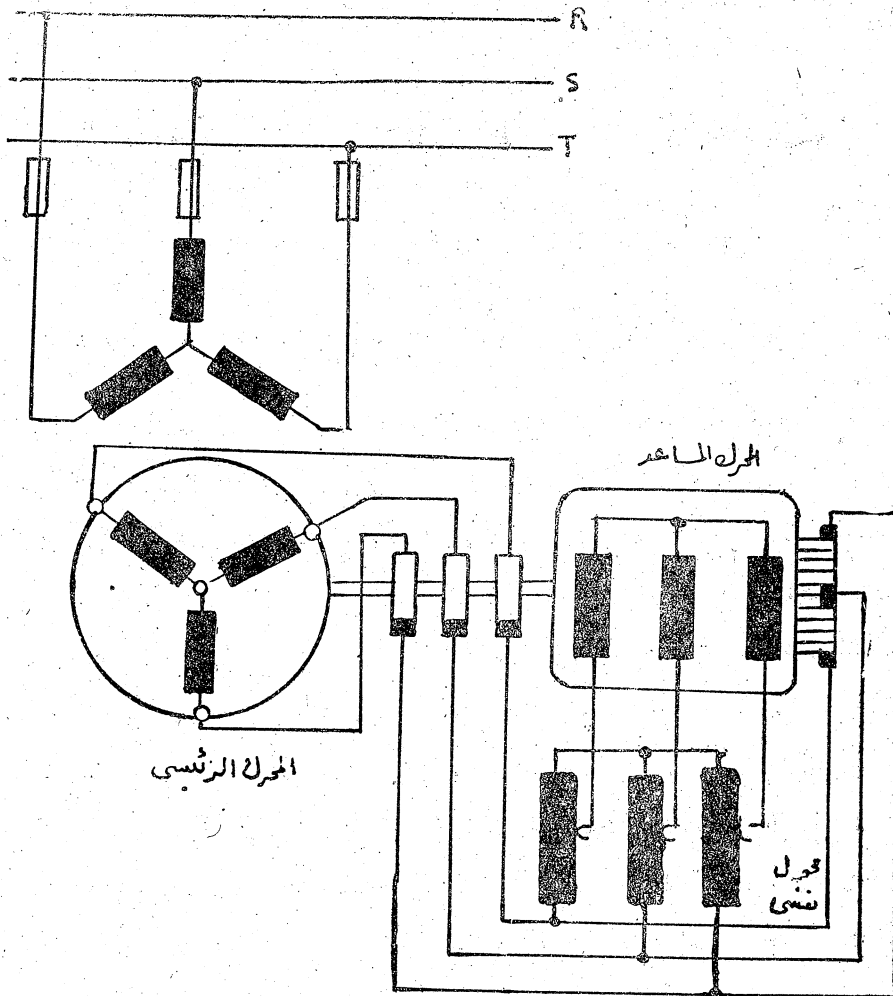
شكل ٥/٥٨ أوضاع الفرش المختلفة وطريقة توصيل أحد ملفات العضو الثابت بمحرك شراجا

التوحيد فالضغط بينهما صفر - فلا توجد إضافة أو نقصان من ضغط هذا الملف - أما في الشكل ٥/٥٨ - ب حيث الفرشتان متباعدتان وكانت ١ . س . ل في العضو الدائر في نفس اتجاه ٢ . س . ل في العضو الثابت - فإن سرعة المحرك تزيد عن سرعة التوافق ويمكن تحديد هذه الزيادة كلما زادت المسافة بين الفرشتين - وفي شكل ٥/٥٨ - ج عند إبدال الفرشة ١ مكان الفرشة ب وكانت ٢ . س . ل في العضو الدائر عكس اتجاه ١ . س . ل في العضو الثابت - فإن سرعة المحرك تنقص عن سرعة التوافق ويمكن تخفيض هذه السرعة أكثر كلما زادت المسافة بين الفرشتين كما في الوضع ج فإذا كان الضغط المستنتج في العضو الثابت ١٠٠ فولت فمعنى هذا أنه يمكن مضاعفة الضغط على ملفات العضو الثابت أو تلاشي هذا الضغط في حالة ما يكون الضغط المستنتج في عكس اتجاه الضغط على طرفي الفرش - وبهذه الوسيلة أمكن التحكم في سرعة هذا المحرك - ويمكن أن تصل مجالات التنظيم للسرعة في هذه المحركات حتى ١ : ٢٠ بالنسبة لسرعة

التوافق ويستخدم هذا النوع من المحركات في إدارة ماكينات التشغيل والقطع التي تحتاج إلى تنظيم سرعة الدوران وكذلك في ماكينات الغزل والنسيج .

### ٩٠٩ رابعاً : محرك شربس Scherbius Motor

محرك شربس أحد أنواع المحركات المتغيرة السرعة - ويتكون محرك شربس من محرك رئيس ومحرك ثانوي Auxiliary machine - وعموماً يوجد ثلاثة



شكل ٥٩/٥ مجموعة محرك شربس الثابتة القدرة فيها المحرك الثانوي مرتبط مع المحرك الرئيسي ميكانيكياً .



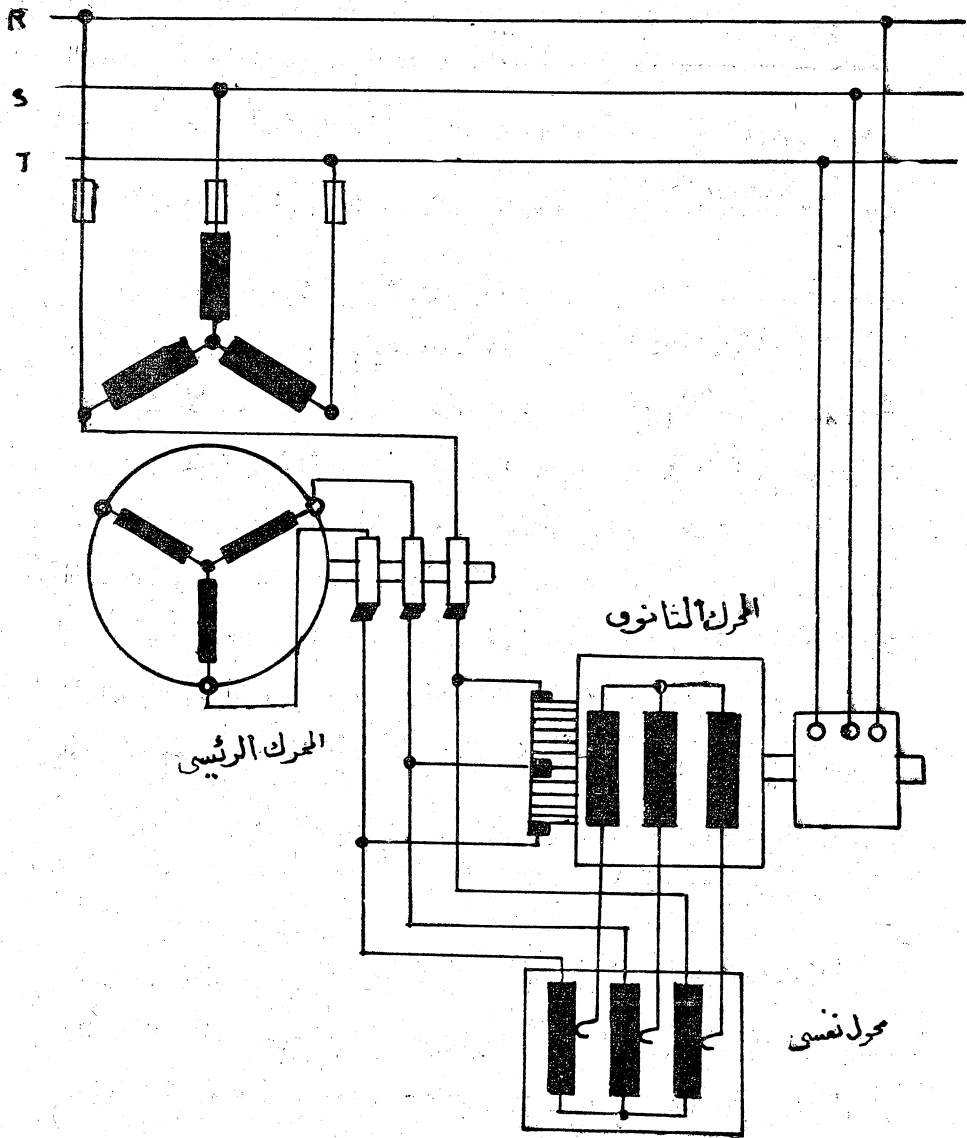
أنواع من مجموعة شرييس النوع الأول يمكن تغيير سرعته بسرعة أعلى من سرعته التوافق وبسرعة أقل من سرعة التوافق — أما النوع الثانى والثالث فيمكن تغيير سرعتهما بسرعة أقل من سرعة التوافق وبيانهما كالآتي :

١٩٩٥ أولاً : مجموعة شرييس ثابتة القدرة Conotani horse power drice

ويتكون محرك شرييس ثابت القدرة كما في شكل ٥/٥٩ من محرك رئيسي تفصل ملفات عضوه الثابت بالينبوع أما عضو الدائر فهو مثل العضو الدائر الملقوف في المحرك الاستنتاجي ويثبت على نفس عمود الإدارة للمحرك الثانوى والمحرك الثانوى له عضو ثابت ثلاثة أوجه تتصل أطرافه بمحول نفس يأخذ تغذية من حلقات الإنزلاق للعضو الدائر للمحرك الرئيسي وفي نفس الوقت تتصل حلقات الإنزلاق للعضو الدائر للمحرك الرئيسي بالفرش الكربونية المرتكزة على عضو التوحيد للعضو الدائر للمحرك الثانوى. ويمكن تغيير الضغط الواصل إلى ملفات العضو الثابت للمحرك الثانوى بواسطة المحول وتسمى ملفات العضو الثابت في هذا المحرك باسم ملفات التغذية وبذلك يمكن تغيير السرعة في المحرك الرئيسي .

٢٩٩٥ ثانياً : مجموعة شرييس الثابتة العزم Constant torque drive

الاختلاف الرئيسي في هذه المجموعة عن المجموعة السابقة — أن المحرك الثانوى لا يثبت مع عمود الإدارة للمحرك الرئيسي بل يكون منفصلاً عنه ميكانيكياً ولكنه — أى المحرك الثانوى يتصل بالمحرك الرئيسي كهربائياً فتتصل حلقات العضو الدائر للمحرك الرئيسي مع ملفات العضو الثابت للملف الثانوى عن طريق محول نفسى وتتصل كذلك مع الفرش الكربونية المرتكزة على عضو التوحيد للعضو الدائر. ويكون العضو الثابت للمحرك الثانوى كما هو واضح في شكل ٦٠/٥ — ثلاثة ملفات ثلاثة أوجه والعضو الدائر له يشبه عضو الاستنتاج في آلات التيار المستمر وترتكز على عضو التوحيد له ثلاثة قرش موضوعه على ١٢٠° بين كل منها وبففس الطرق السابقة يمكن تغيير ضغط المحرك الثانوى بواسطة تغيير



شكل ٦٠/٥ مجموعة محرك شمريين ثابتة العزم

ضبط المحول وهذه المحركات تعطينا قدرات كبيرة تتراوح بين ٢٠٠ - ٦٠٠ كيلوات - وإستعمال مثل هذه المحركات في الشبكات الكهربائية يساعد على رفع معامل القدرة في الشبكة - وكلما قل الحمل على هذه المحركات كلما أخذت تياراً



يدويا أو أتوماتيكيا بتأثير مغناطيس كهربائي أو متعم Relay ويجب أن تكون قدرة المفتاح مساوية للقدرة التي يسحبها المحرك من الينبوع عند بدء التشغيل - وإن كانت هذه القدرة تساوى عدة مرات القدرة عند التشغيل ولكنها تكون مرتفعة فقط في زمن قصير عند بدء التشغيل وشكل ٦١/٥ - ا يمين رمز مفاتيح التوصيل التي تعمل يدويا قبل المفاتيح ذات الحركة اليدوية الأسطوانية ومفاتيح نجمة دلتا اليدوية - وشكل ٦١/٥ - ب يمين مفاتيح التوصيل ذات القواطع الأتوماتيكية والتحكم في سرعة المحركات .

### ٢٠١٥ ثانيا : - مفاتيح الوقاية للمحركات والتوصيلات :

تستخدم مفاتيح الوقاية ضد أخطار عدة يخشى منها على سلامة المحرك والتوصيلات وهذه المفاتيح تتحكم في توصيل التيار إلى المحركات وبها قواطع تعمل تلقائيا عند زيادة التيار كما في شكل ح أو عند نقص التيار كما في شكل د أو عند الضغط الخطأ كما في شكل هـ أو عند نقص الضغط كما في شكل و وهذه المفاتيح لها مع جميع أقطاب المحرك أو الأجزاء المختلفة للدائرة إم متممات أو ملاسبات حرارية تناثر بهذه الأخطار وتقوم بفصل المحرك عن الينبوع .

### ٣٠١٥ ثالثاً : - قاطع التيار المغناطيس : -

ويتكون من مغناطيس كهربائي يجذب قلبه الحديدى مباشرة عند زيادة التيار عن الحد المقتن وقت حدوث قصر وزمزه كما في شكل ز - ويعمل على قطع التيار عن المحرك - ولمفاتيح الوقاية المغناطيسية القدرة على فصل الدائرة بسهولة عند زيادة الحمل على المحرك لمدة طويلة وكذلك يمنع المحرك ذو الثلاثة أوجه عن الدوران بتيار وجه واحد .

### ٤٠١٥ رابعاً : - قاطع التيار الحرارى : -

يستخدم القاطع الحرارى لوقاية المحرك من الحمل الزائد وارتفاع حرارة

المحرك ويحدث التحكم الحرارى فى فصل التيار عن المحرك باستخدام شريط معدنى ثنائى يتسكون من قطعتين معدنيتين متلاصقتين ومختلفين فى معامل التمدد فى أحدهما كبيراً ومعامل التمدد فى المعدن الآخر صغيراً ويعتمد أحد الشريطين بالتسخين أكثر من الآخر بسبب التيار الزائد وينثنى ( يتقوس ) هذا الشريط المعدنى الثنائى ناحية المعدن الذى معامل تمدده أقل - ويركب الإزدواج المعدنى فى مفتاح التوصيل بحيث يفصل الدائرة عن الينبوع عند التحميل الزائد وبذلك يحفظ المحرك من الحرق .

#### ٥١٠ ر ٥ خامساً القواطع المغناطيسية ذاتية الحركة : -

هى عبارة عن مفاتيح كهرومغناطيسية تعمل من بعد وبحساسية عالية وسرعة فى الفصل والوصل وتستعمل فى التحكم بعيد المدى فى تشغيل المحركات وتنظيمها وفى التحكم كذلك فى القواطع الهوائية والزيقية - وهذه المفاتيح تعمل تلقائياً ذات قواطع أنوماتيكية للتيار والضغط .

#### ٥١٠ ر ٦ سادساً : التعمات Relays : -

ويمكن تسميتها بالتابع الزمنى وهى عبارة عن مفاتيح كهرومغناطيسية تتحكم فى أجهزة أخرى كهربائية ذات قدرات عالية ويوجد منها أنواع مختلفة وأصبحت من أهم الوسائل فى التحكم الكهربائى والالكترونى عن بعد ومنها متمات التشغيل عند توصيل التيار بالدائرة ومتمات الفصل ومتمات عند فصل التيار عن الدائرة ومتمات التيار أو الضغط الزائد وكذلك المتمات المساعدة :

#### ٥١٠ ر ٧ خواص مفتاح الوقاية للمحركات : -

ينبغى أن تكون مفاتيح الوقاية ذات حساسية محددة بحسب مواصفات التشغيل فى الدائرة ولا ينبغى أن تمتد هذه الحساسية الخواص المحددة فى الدائرة حتى لا تقوم بالفصل عند ظروف يحتمل التشغيل فيها وبهذه الموازنة يمكن قيام

المتمم أو مفاتيح الوقاية في الوقت المناسب وبأمرع ما يمكن عند حدوث خطر في المحرك أو في الدائرة - ويجب وضع مقننات تسمى حدود التشغيل والأمان مع توفر الحساسية الضرورية لسلام الدائرة والمحرك وهذه الشروط هي : -

( أ ) ينبغي الفصل عند زيادة التيار ٥ ٪ عن الحد المقنن بعد زمن مقداره ساعتين .

( ب ) ينبغي الفصل عند زيادة التيار ٢٠ ٪ عن الحد المقنن ولا تعتمد الحرارة المقبولة في زمن أقل من ساعتين .

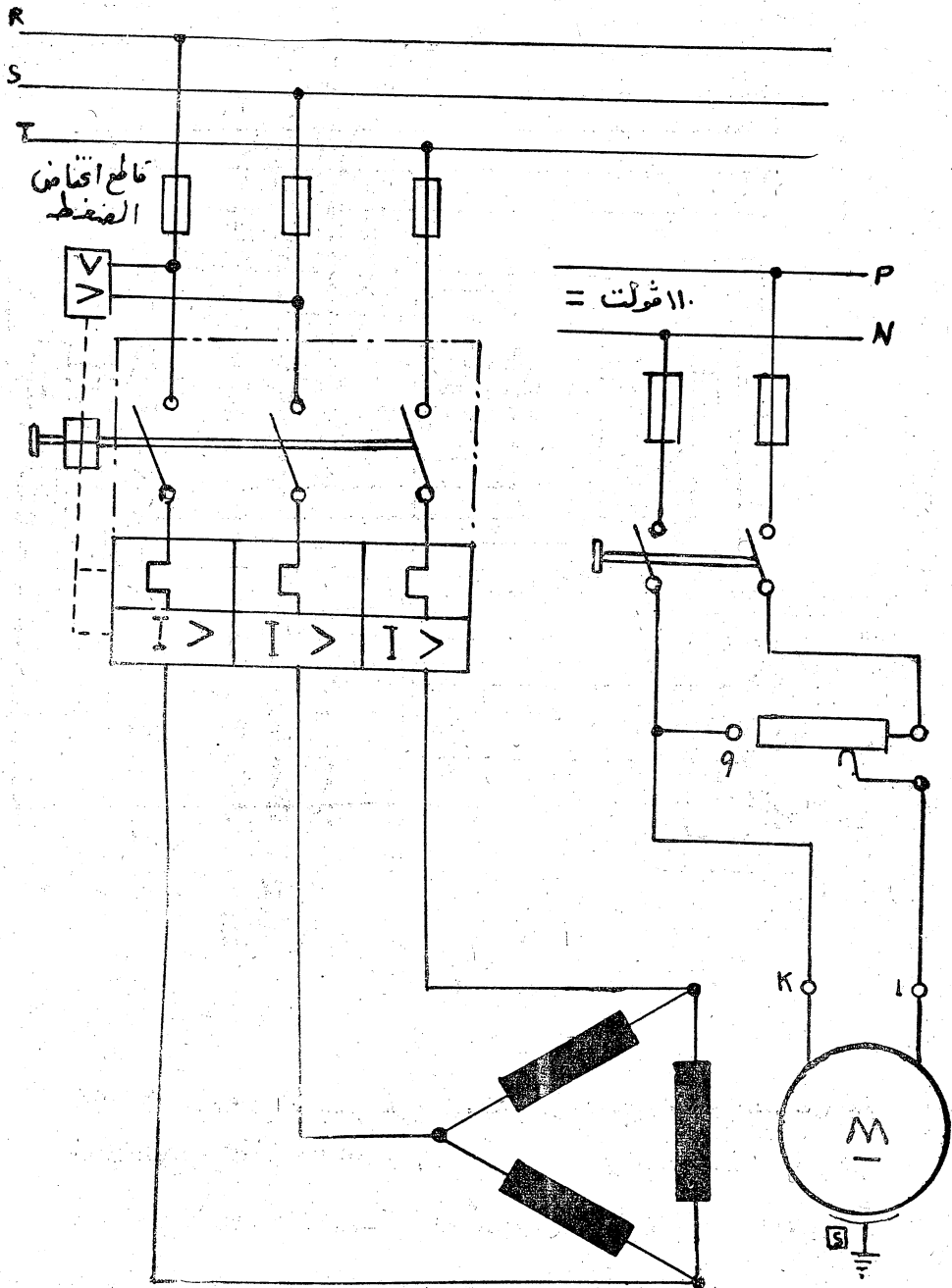
( ج ) عند زيادة التيار ٥٠ ٪ عن الحد المقرر فينبغي الفصل خلال دقيقتين .

( د ) عند بدء التشغيل يسكون التيار في بعض الأحيان سعة أضعاف تيار التشغيل فيجب عند ذلك فصل المحرك عن الينبوع في زمن مقداره ثانيتان .

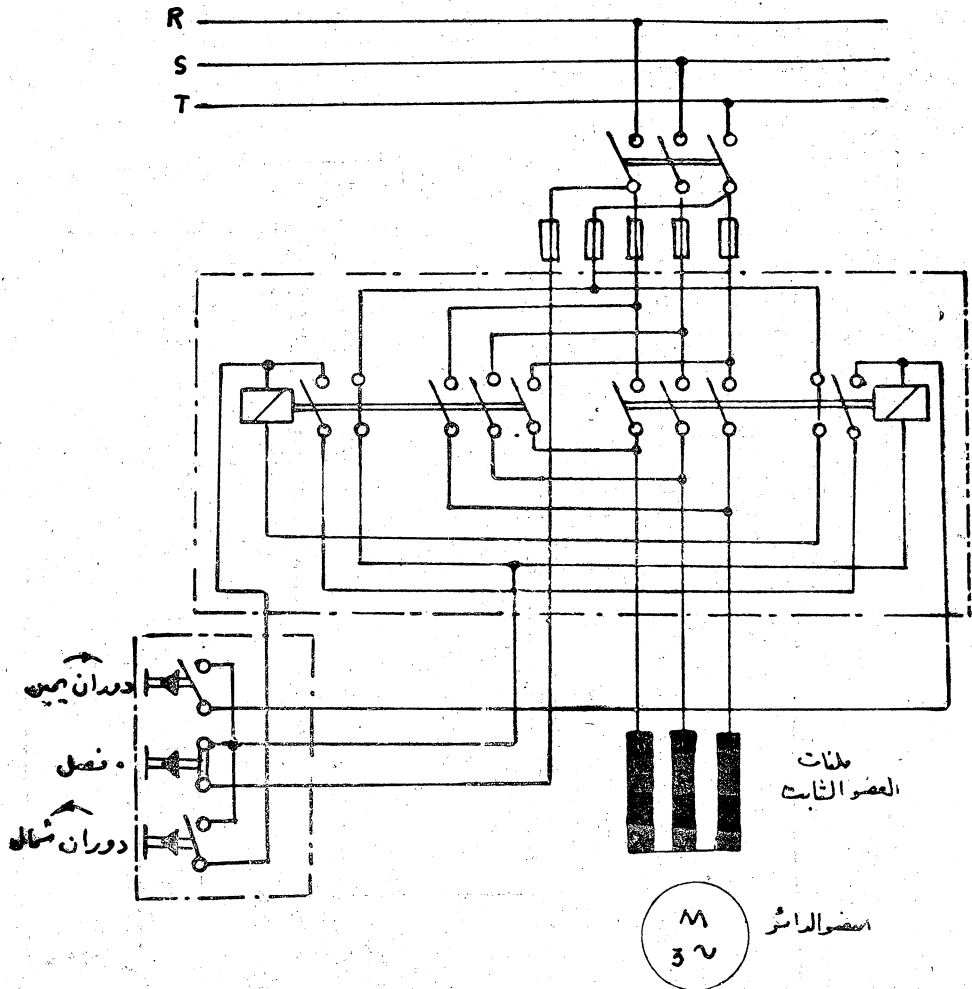
والشكل ٦٢/٥ يبين طريقة توصيل قاطع أتوماتيكي ذو ملامسات حرارية لوقاية محرك توافقي من إرتفاع الحرارة وزيادة التيار وكذلك نقص الضغط .  
والشكل ٦٣/٥ يبين طريقة توصيل قاطع أتوماتيكي ذو متمم لعكس إتجاه الدوران في المحرك وتحتوي الدائرة على ملفات مغناطيسية لتشغيل مفتاح عكس الحركة وثلاثة ضواغط للتحكم في الدوران جهة اليمين والدوران جهة الشمال وللفصل المحرك عن الينبوع .

والشكل ٦٤/٥ يبين التوصيلات الكهربائية لمحرك إستنتاجي متصل بمفتاح أتوماتيكي ذو زرین ضاغطين للتشغيل والإيقاف وذلك بتوصيل ملفات العضو الثابت للمحرك بالينبوع أو فصلها عنه بإستخدام ملف مغناطيسي .

والشكل ٦٥/٥ يبين توصيلات مفتاح أتوماتيكي نجمة دلتا ذو ثلاثة ملفات مغناطيسية للتحكم في مفاتيح التوصيل نجمة أو دلتا أو لفصل الملفات عن الينبوع في حالة حدوث ظروف غير طبيعية في المحرك - وكذلك عند الرغبة في



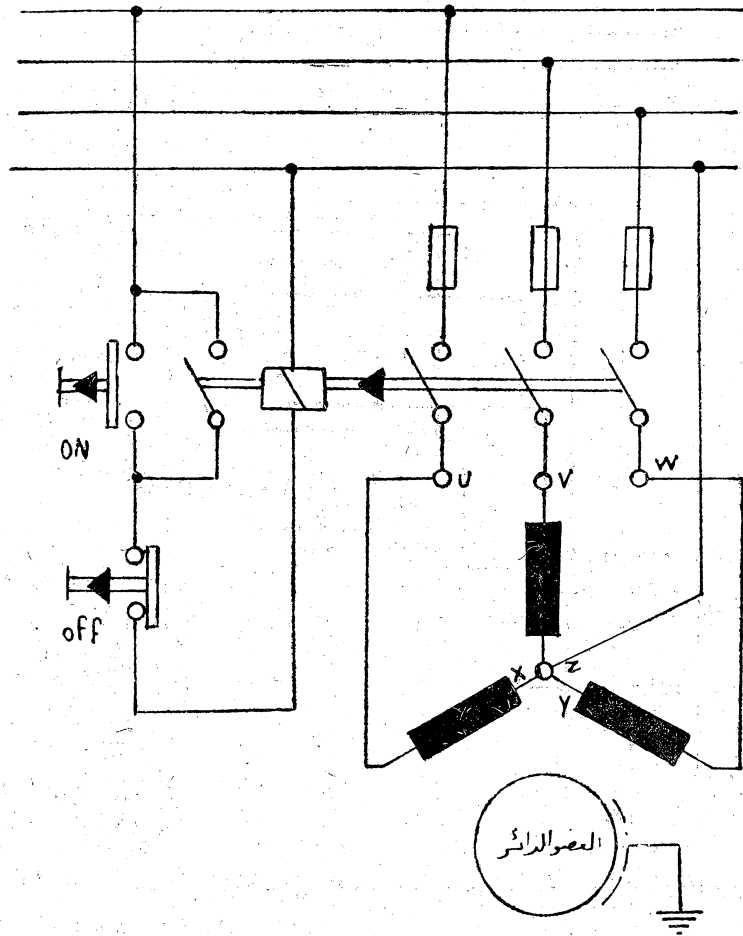
شكل ٦٢/٥ دائرة محرك توافقي متصل بقاطع أنوماتيكي ذو ملابسات حرارية الوقاية  
ضد زيادة التيار وقاطع عند نقص الضغط .



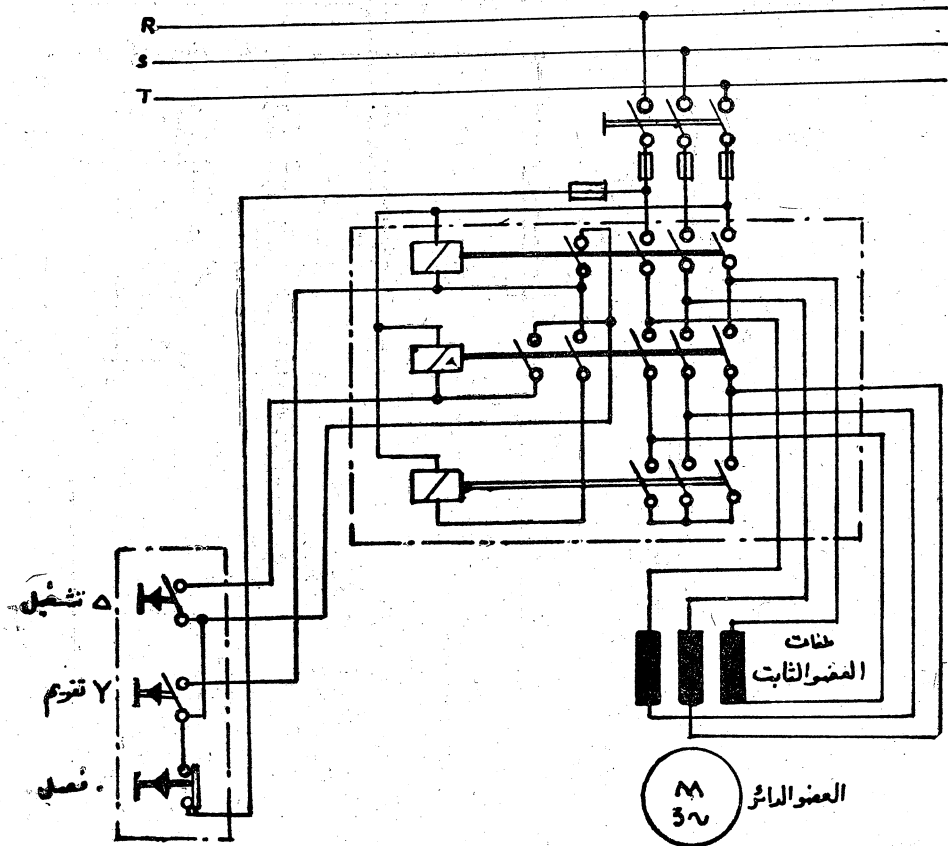
شكل ٦٣/٥ طريقة توصيل مفتاح أنوماتيكي ذو ملفات مغناطيسية (متممات) لعكس اتجاه الدوران في محرك إستنتاجي .

إيقاف المحرك وهذه المفاتيح يمكن التحكم فيها بواسطة ثلاثة ضواغط للتقويم (٧) أو للتشغيل ( $\Delta$ ) أو للإيقاف (O) والشكل ٦٦/٥ يبين مفتاح أسطوانى لعكس الحركة في محرك إستنتاجي .

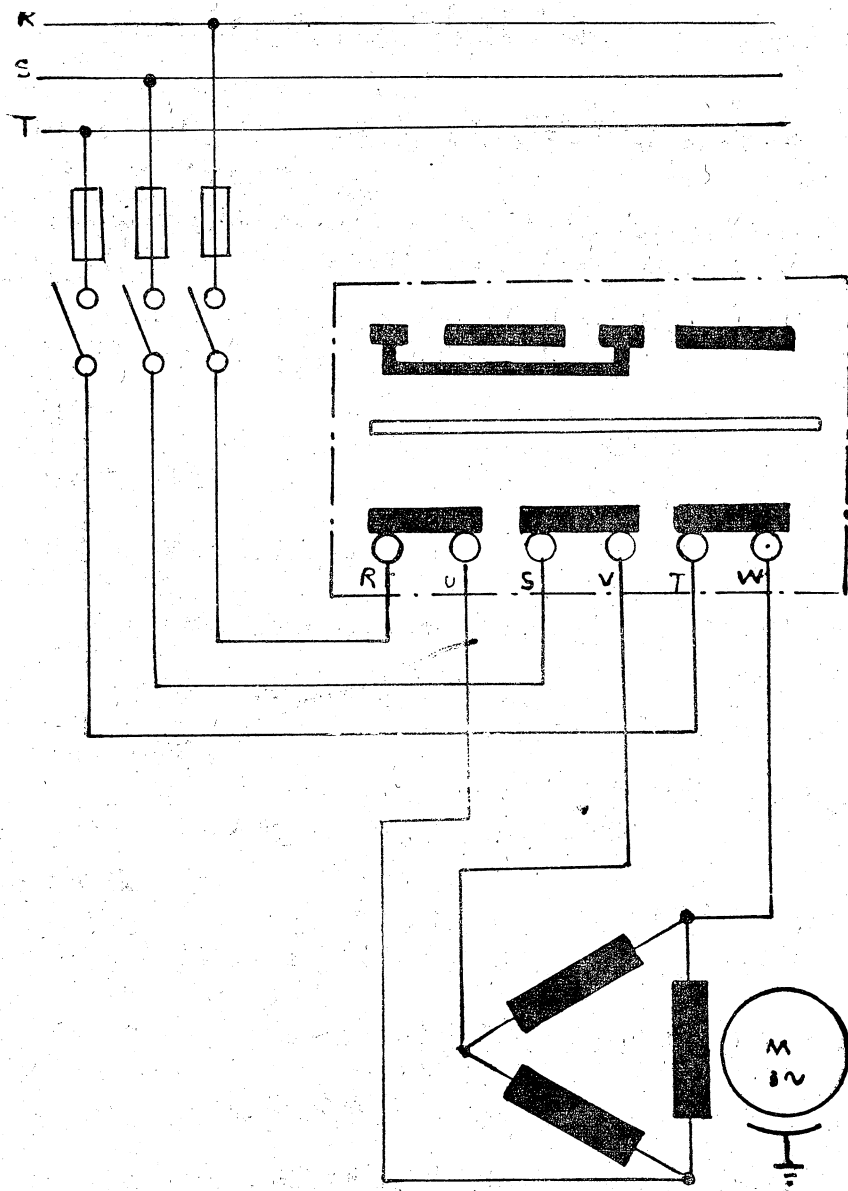




شكل ٦٤/٥ مفتاح أوتوماتيكي بأزرار ضاغطة للتنشغيل والإيقاف للتحكم في محرك لاستفناجي



شكل ٦٥/٥ دائرة مفتاح أنومانيكي نجمه / دلتا يتصل بمحرك إستفناجي ويشغل بواسطة أزرار ضاغطة للتقويم والتشفيد والإيقاف .



كل ٥/٦٦ مفتاح اسطواني لعكس الحركة في محرك إستثنائي

## أسئلة مختارة عن الباب الخامس

س ١ ماهو المجال الدائرى - ثم اشرح مع الرسم المجال الناشئ من تيار وجه واحد وآخر ناشئ من تيار ذو وجهين .

س ٢ كيف أمكن التغلب على المجال المغناطيسى المتقطع الناشئ من تيار وجه واحد ليمكنا فى الحياة العملية أن نحصل على مجال دائرى لتوليد عزم الدوران عند البدء ؟

س ٣ اشرح مع الرسم كيف يمكن تحديد محصله المجال الدائرى خلال دورة واحدة .

أولاً : فى حالة تيار وجهين .

ثانياً : فى حالة تيار ثلاثة أوجه .

مع الاستعانة بالرسم - وبين كيف تكون المحصلة ثابتة دائماً فى أى لحظة .

س ٤ اذكر الأنواع المختلفة للمحركات المتوقفية مع ذكر الخواص المميزة لكل منها واستعملاتها .

س ٤ اذكر النظرية التى بنيت عليها المحركات التوافقية وحساب سرعة المحرك التوافقى .

س ٦ اذكر بإختصار الطرق المختلفة المستعملة فى بدء حركة المحركات التوافقية .

س ٧ ماهى مميزات وعيوب وإستعمالات المحركات التوافقية .

س ٨ اشرح خواص المحرك التوافقى فى تمييز زاوية الوجه بين الضغط والتيار .

س ٩ اشرح مع الرسم الدائرة الكهربائية لمحرك توفقى ومعه محرك استنتاجى للتقويم - مع ذكر النظم المختلفة لتغذية العضو الدائر بتيار مستمر .

س ١٠ أذكر نظرية تشغيل المحرك الاستنتاجي وكيف يتم عزم الدوران به.

س ١١ ماهي أوجه الشبه بين المحرك الاستنتاجي والمحرك .

س ١٢ إشرح مع الرسم العضو الدائر ذو قفص السنجاب المزدوج والنظرية التي بسببها أضيفت الجارى العميقة في قفص السنجاب بعد التحسين .

س ١٣ إشرح مع الرسم التركيب العام للمحرك الاستنتاجي ذو قفص السنجاب .

س ١٤ إشرح مع الرسم المحرك الاستنتاجي ذو حلقات الإنزلاق مع شرح نظام البدء والتشغيل به .

س ١٥ إرسم الدائرة الكهربائية لمحرك إستنتاجي ذو عضو الدائر الملفوف ويتصل بالينبوع عن طريق مفتاح توصيل ومصهرات ومقاومة بدء حركة .

س ١٦ لماذا تكون سرعة العضو الدائر أقل من سرعة التوافق مع ذكر العلاقة بين السرعة وعزم الدوران في المحرك الاستنتاجي .

س ١٧ محرك إستنتاجي قفص سنجاب يتصل ملفات العضو الثابت به بتيار تردد ٥٠٠ هرتز/ثانية وعدد أقطابه أربعة أقطاب والإنزلاق به ٤ ٪ . احسب سرعة المحرك .

س ١٨ إشرح مع الرسم طريقة بدء الحركة الاستنتاجي في محرك ذو العضو الدائر الملفوف مع رسم هذا المحرك ومعه مقبومة بدء الحركة .

س ١٩ أذكر ثلاثة طرق تستخدم في بدء حركة المحركات الإستنتاجية ٣ أوجه من نوع قفص السنجاب .

س ٢٠ أشرح مع الرسم طريقة التقويم باستعمال مفتاح نجمة / دلنا وما هي مميزات هذه الطريقة .

س ٢١ كيف يمكن عكس اتجاه الدوران في المحركات الاستنتاجية ٣ أوجه مع الإستقانة بالرسم .

- س ٢٢ كيف يمكن تغيير السرعة في الحركات الاستنتاجية ؟
- س ٢٣ أذكر نوعين للفرق للحركات الثلاثة أوجه - ثم اشرح مع الرسم نوع منها موضحا طريقة توصيل هذه الملفات وبيان أطرافها .
- س ٢٤ وضح بالرسم الإنفرادى والدائرى ملفات كل قطب لمحرك به ٢٤ مجرى وأربعة أقطاب - وآخر به ٣٦ مجرى وثمانية أقطاب .
- س ٢٥ كيف يمكن تغيير سرعة محرك ثلاثة أوجه بإعادة لفه إذا كانت سرعته ١٥٠٠ لفة / دقيقة ويراد جعل سرعته ٣٠٠٠ لفة / دقيقة - وكيف يحسب مقطع السلك الجديد وعدد الملفات .
- س ٢٦ محرك إستنتاجى يشتغل على تيار متغير ٣ أوجه ٥٠ ذبذبة / ثانية وسرعته ١٤٥٠ لفة في الدقيقة وعدد أقطابه أربعة أقطاب أوجد الإنزلاق في هذا المحرك .
- س ٢٧ كيف يمكن تحسين عزم الدوران عند البدء في محركات قفص السنجاب - مع ذكر طريقتان لذلك مع شرح نظام القضبان المزدوجة الثنائية والثلاثية في العضو الدائر .
- س ٢٨ أذكر الشروط الواجب إتباعها عن بدء تشغيل وإيقاف المحركات الاستنتاجية ذات العضو الدائر الملفوف - مع ذكر العلاقة الرياضية بين عزم الدوران والإنزلاق .
- س ٢٩ كيف يمكن تغيير سرعة المحركات الإستنتاجية ٣ أوجه باستخدام طريقة الأقطاب المتعاقبة .
- س ٣٠ اشرح مع الرسم المحركات الثنائية السرعة ذات القدرة الثابتة وذات العزم الثابت .
- س ٣١ اشرح مع الرسم محرك إستنتاجى متعدد السرعة وكيف يمكن

إستخدام مفتاح لتغيير عدد الاقطاب لملفات المضو الثابت قطبين وأربعة أقطاب .

س ٣٢ كيف يمكن تغيير سرعة المحرك الإستنتاجى بتغيير تردد التيار .

إشرح مع الرسم دائرة مغير التردد لتيار ثلاثة أوجه ومتصل مع المغير محرك للتشغيل .

س ٣٣ كيف أمكن توليد مجال دائرى فى المحركات الاستنتاجية ذات الوجه الواحد ؟

س ٣٤ إشرح مع الرسم تركيب المحرك الاستنتاجى وجه واحد .

س ٣٥ أذكر مع الرسم طريقتين لبدء حركة المحرك الإستنتاجى وجه واحد .

س ٣٦ إشرح مع الرسم نظرية تشغيل وتركيب وإستعمالات المحرك ذو الأقطاب المظلة .

س ٣٧ إشرح مع الرسم نظرية تشغيل وتركيب وإستعمالات محرك هيلاند .

س ٣٨ كيف أمكن فصل ملفات بدء التقويم أتوماتيكيا - إشرح مع الرسم مفتاح الطرد المركزى .

س ٣٩ أذكر نوعين من مفاتيح الطرد المركزى المستخدمة فى المحركات الإستنتاجية وجه واحد لتعمل على فصل ملفات البدء مع الإستعانة بالرسم .

س ٤٠ إشرح مع الرسم طريقة عكس الحركة لمحرك إستنتاجى وجه واحد يشتغل على مفتاح طرد مركزى .

س ٤١ إشرح النظرية التى يثبت عليها المحركات التنافرية - مع شرح تركيب هذا المحرك .

س ٤٢ حدد مع الرسم الأوضاع المختلفة للاقطاب والفرش الكربونية

في المحرك التنافرى وكيف أمكن تغيير السرعة في هذا المحرك وكذلك عكس الحركة به .

س ٤٣ أذكر نوعى عضو التوحيد المستخدمان في المحركات التنافرية وإستعمالات كل نوع .

س ٤٤ لماذا إستخدمت ملفات التعويض في المحركات - التنافرية - أشرح مع الرسم دائرة محرك تنافرى ذو ملفات تعويض .

س ٤٥ أذكر أنواع ثلاثة للمحركات التنافرية من حيث التكوين ونظام البدء والتشغيل بها .

س ٤٦ إشرح مع الرسم تكوين وعمل محرك تنافرى البدء وإستنتاجى التشغيل .

س ٤٧ كيف تشتغل المحركات التنافرية البدء والتشغيل - مع شرح نظام الفرش بها ثم أذكر كيف يمكن تغيير السرعة بها وكذلك عكس إنباء الدوران .

س ٤٨ إشرح مع الرسم تكوين المحرك التنافرى الإستنتاجى وإستعمالاته ثم تسكلم عن طرق عكس إنباء الدوران في المحركات الإستنتاجية عموماً .

س ٤٩ إشرح مع الرسم تركيب ونظرية تشغيل محرك التوالى وجه واحد ثم أذكر لماذا يسمى بالمحرك العمومى مع ذكر مميزاته وعيوبه .

س ٥٠ إشرح مع الرسم المحرك ذو عضو التوحيد وملفات التعويض مع ذكر نظرية التشغيل وكذلك طريقة توصيل الملفات الرئيسية به وكذلك ملفات التعويض .

س ٥١ ماذا يقصد بعبارة المحركات المتغيرة السرعة ذات الثلاث أوجه .

س ٥٢ إشرح مع الرسم نظرية تشغيل وتركيب المحرك التوالى ذو الثلاثة أوجه وإستعمالاته .

س ٥٣ إشرح مع الرسم نظرية تشغيل وتركيب المحرك التوازى ذو الثلاثة أوجه وخواصه وإستعمالاته .



س ٥٤ : إشرح مع الرسم كيف يمكن تغيير السرعة في محرك شراجا وكيف يمكن عكس الحركة به .

س ٥٥ : أذكر نظرية تشغيل محرك شراجا وإستعمالاته وخواصه .

س ٥٦ : إشرح مع الرسم تركيب محرك شراجا وطريقة توصيلة بالينبوع ونظام الملفات به .

س ٥٧ : إشرح مع الرسم مجموعة محرك شراييس الثابتة العزم ونظام التشغيل بها .

س ٥٨ : أذكر نظام التشغيل في مجموعة محرك شرييس الثابتة القدرة - مع رسم دائرة هذه المجموعة ونظام التشغيل بها - ثم أذكر نواحي إستخدام هذا المحرك في الحياة العملية .

س ٥٩ : أذكر أنواع مفاتيح التوصيل والقطع المستخدمة في إدارة ووقاية المحركات .

س ٦٠ : أذكر خواص مفاتيح الوقاية للمحركات - ثم إشرح مع الرسم طريقة توصيل قاطع أتوماتيكي ذو متعمم لعكس إتجاه الدوران في المحرك .

## الباب السادس

### معدات تحويل التيار المتغير إلى المستمر

١٦٦ مقرر :-

إن أكثر من ٨٥ ٪ من الطاقة الكهربائية المستهلكة تكون شكل تيار متغير كما هو الحال في مصر ولكننا نحتاج إلى حوالي ١٥ ٪ من الطاقة الكهربائية على شكل تيار مستمر - وكما هو معروف أن غالبية الطاقة الكهربائية المولدة عبارة عن تيار متغير - ولذلك فإننا نحتاج إلى تحويل التيار المتغير إلى تيار مستمر.

ويستخدم التيار المستمر في آلات الجر والقاطرات الكهربائية والروافع - وفي أعمال الطلاء - وفي شحن المراكم (البطاريات الثانوية) - وفي عمليات التحاليل الكيميائية وتنقية المعادن (مثل استخراج الألومنيوم بالتحليل الكهربائي والمغنسيوم والكلور والإيدروجين) ويستخدم كذلك في معامل التحاليل الطبية وفي محطات الإرسال اللاسلكي - وكذلك في ستراتات الاتصالات التليفونية.

ويستخدم لتحويل التيار المتغير إلى مستمر معدات كثيرة منها ما هو على شكل آلات متحركة ويمكن تسميتها في هذه الحالة بالمبدلات - ومنها ما هو على شكل معدات ثابتة (لا تتحرك فيما عدا التنظيم الأنوماتيكي بها) وتسمى في هذه الحالة بالموحدات .

والقسم الأول وهو الآلات المتحركة (المبدلات) يحتوي على الأنواع الآتية :-

١ - مجموعة المحرك المولد Motor Genrator

٢ - المحول الدائر Rotor Converter

## ٣ - المبدل ذو الموزع Commutator Type rectifier

والقسم الثانى وهو المعدات الساكنة التى تسمى بالوحدات تحتوى على الأنواع الآتية :-

## ١ - الموحدات الزئبقية Mercury Orc rectifiers

## ٢ - الموحدات الحرارية ( التونجر ) Lamp rectifiers (Tunger)

## ٣ - الموحدات المعدنية Metal rectifiers

## ٤ - موحدات ثنائى الجرمانيوم . Germanium Diode rectifiers

٦٢٢ مميزات الموحدات الساكنة عن المبدلات :-

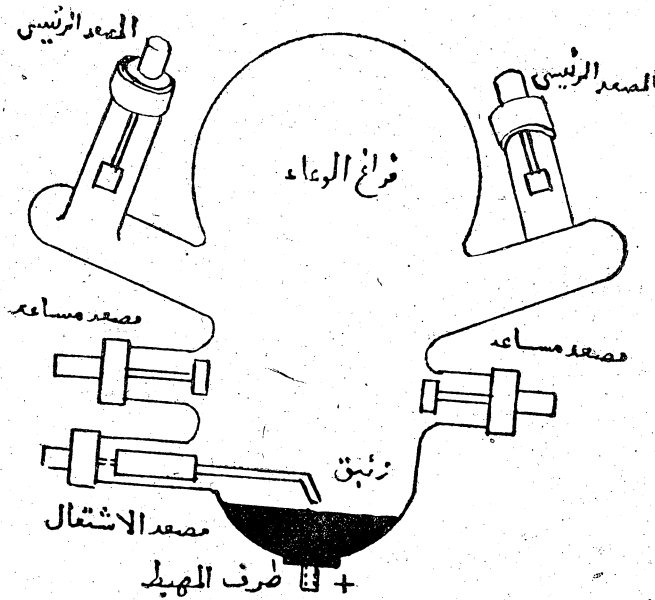
تعتبر الموحدات الساكنة بالمقارنة مع المبدلات الدورانية أعظم منها فائدة حيث أنها تشغل حيز صغير - علاوة على سهولة تشغيلها - وقلة صيانتها - وقوة تحملها للضغط العالى علاوة على أن جودة التحويل للموحدات الساكنة أكبر بكثير من الموحدات الدائرة - ولذلك، تستخدم الموحدات الساكنة بكثرة فى تحويل التيار الثلاثى الأوجه إلى تيار مستمر .

وتعتبر الموحدات الزئبقية من أهم الموحدات الإستراتيجية بالنسبة للقدرات الكبيرة التى يمكن إستخدامها لتوحيد التيار المتغير وجه واحد وثلاثة أوجه وهذه الموحدات تعطينا تياراً مستمراً يتراوح بين ١٥٠ - ٥٠٠٠ أمبير عند ضغط تتراوح بين ١٠٠ فولت إلى ٦٠٠٠ فولت وكما سيأتى الشرح بالتفصيل توجد موحدات زئبقية ذات مصعد واحد تسمى موحدات نصف موجة وذات المصعدين تسمى موحدات الموجه الكاملة - وبالنسبة للموحدات التى تشتغل على التيار ذو الثلاثة أوجه يكون لها ثلاثة مصاعد أو ستة مصاعد .

## الموحدات الزيتية

### ٦٣ تركيب الموحد الزيتي :

يتركب الموحد الزيتي من وعاء زجاجي ( زجاج الكوارتز ) ليقتحمل درجات الحرارة العالية وذلك في الموحدات ذات القدرة الصغيرة أقل من ٥٠٠ أمبير — ويصنع هذا الإناء من الصلب في الموحدات ذات القدرة الكبيرة أكثر من ٥٠٠ أمبير ويفرغ الوعاء من الهواء بحيث يبلغ ضغط الهواء داخله ٠,٠٠١ مم زئبق ( ٠,٠٠٠٠٠١ : ضغط جوى ) ويوضع في قاع الوعاء كمية من الزئبق وملحوم به طرف المهبط ويوجد في وسط الوعاء خمسة شعب يشبث في الشعبتين العلويتين المصعدان الرئيسيان ويراعى عند تثبيت المصاعد ونفاذهم من الزجاج عدم تسرب الهواء إلى داخل الإناء ويصنع المصعدان من التانجستين أو الجرافيت وتجهز الشعبتان من الخارج بمسامير لتوصيل المصعدان إلى الدائرة الخارجية ويوجد



شكل ١/٦ موحد زيتي للموجه التكاملي

شعبتان أخريان أسفل الشعبتان السابقتان لتثبيت المصعدان المساعدان وقرب

قاع الوعاء توجد الشعبة خامسة لتثبيت مصعد الاشتعال ويتصل المصعدان الرئيسيان بالملف الثانوى للمحول ومنه للينبوع المراد توحيدده أما المصعدان المساعدان فقائدتهمما استمرار اشتغال الموحد عند إنقطاع الحمل كما سيأتى شرحه بالتفصيل - أما مصعد الاشتعال الخامس فهو عبارة عن قلب حديدى يتحرك بتأثير ملف مغناطيسى خارج الوعاء وينتهى بذراع تلامس سطح الزئبق ويستخدم هذا المصعد لإحداث قوس كهربى عند بدء اشتغال الموحد وهذا القوس يسبب تبخر الزئبق فيملاً بخار الزئبق فراغ وعاء الموحد كما فى شكل ١/٦ وتبلغ درجة حرارة القوس عند سطح الزئبق  $3000^{\circ}$  م وهذا البخار ضرورى لتشغيل الموحد وتم هذه العملية فى كل مره عند تشغيل الموحد - وعند الإبتداء فقط .

وعند إبطال عمل الموحد يتكاثف بخار الزئبق فى الجزء العلوى من الوعاء ويتحول البخار إلى زئبق ويتساقط على جدران الوعاء إلى المستودع السفلى - وعلى ذلك لا يوجد فقد فى كمية الزئبق التى فى المستودع .

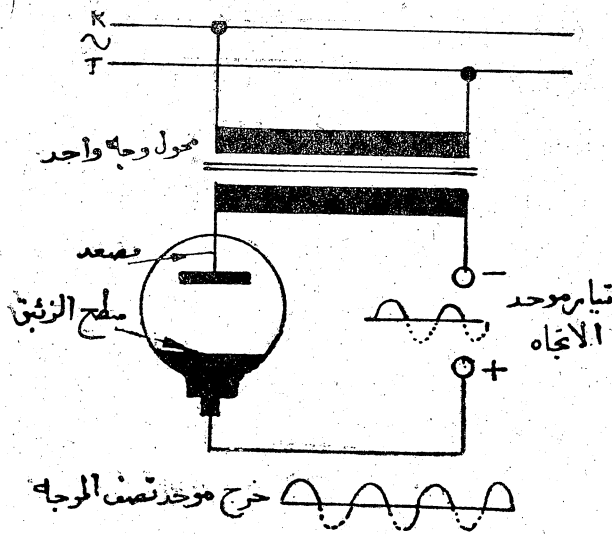
٦٤ : الموحدات الزئبقية ذات الوجه الواحد :

٦٤ر١ : أولاً : موحد زئبقى نصف موجه :

تركيبه : يتركب هذا الموحد من أناء زجاجى مفرغ من الهواء وبداخله مصعد واحد يتصل بأحد طرفى الملف الثانوى للمحول أما طرفه الآخر فيمثل الطرف السالب لخرج الموحد - ويتصل الملف الأبتدائى بالينبوع لتيار متغير وجه واحد ويوجد أسفل الأناء قليل من الزئبق وينفذ عند الأناء موصل يلاصق الزئبق ويسمى بالمهبط وهو يمثل الطرف الموجب لخرج الموحد كما فى ( شكل ٢/٦ )

٦٤٢ تشغيل الجهاز .

عند تسخين الزئبق يتبخر جزء من الزئبق ويملاً الفراغ المحصور بين المصعد وسطح الزئبق ويتراوح ضغط بخار الزئبق بين  $0.001$  -  $0.2$  مم زئبق



شكل ٦/٢ موحد زيتيقي نصف وجه يشتغل على تيار متغير وجه واحد

فعند وجود النصف الموجب للذبذبة على مصعد الموحد فتنبعث الإلكترونات السالبة من سطح الزيتيق بسرعة هائلة وتصطدم بذرات بخار الزيتيق الموجود في فراغ الأناء فتسبب تأينها ثم تتجه الإلكترونات إلى القطب الموجب (المصعد) وبذلك يمر تيار عكس حركة الإلكترونات أي من المصعد إلى المهبط (سطح الزيتيق) بينما تتجه الأيونات الموجبة إلى القطب السالب محدثة بقع مضيئة على سطح الزيتيق — أما في لحظة وجود النصف السالب للذبذبة تتنافر الإلكترونات المبعثة من سطح الزيتيق مع المصعد فلا يمر تيار كهربائي إلى المهبط وبمعنى آخر ينقطع مرور التيار في لحظة النصف السالب للذبذبة ومعنى هذا هو مرور تيار كهربائي من المهبط إلى الحمل ويكمل دائرته إلى الطرف الآخر للمحول . فقط في حالة وجود النصف الموجب للذبذبة وعدم مرور تيار في لحظة النصف السالب ولذلك سمي هذا الموحد بموحد نصف الوجه ويستخدم هذا التيار في شحن البطاريات الثانوية .

ولحفظ التيار من الانقطاع في لحظة الصفر الذي يتسبب عنه إنقطاع القوس



الزئبق لا يسمح بمرور التيار الكهربائي إلا في حالة وجود النصف الموجب للذبذبة على المصعد فإذا فرضنا أن التيار في المحول يتجه من اليمين إلى اليسار فإن المصعد  $\gamma$  يكون موجبا والمصعد  $\delta$  يكون سالبا فتتجه الالكترونات من المهبط  $\beta$  إلى المصعد  $\gamma$  ويمر تيار منه إلى المهبط عن طريق بخار الزئبق ومنه إلى الطرف الموجب ثم إلى الحمل ثم إلى الطرف السالب لخرج الموحد ثم الخانق ومنه إلى النقطة ه إلى منتصف الملف الثانوى للمحول كما هو واضح في شكل ٣/٦.

وعندما ينعكس التيار ويمر من اليسار إلى اليمين يكون المصعد  $\gamma$  موجبا والمصعد  $\delta$  سالبا فيمر تيار من المصعد  $\gamma$  إلى حوض الزئبق  $\beta$  إلى الحمل إلى النقطة المشتركة ه للمحول وهكذا يكون الحوض  $\beta$  دائما موجبا والطرف ه المشترك في المحول دائما سالبا ويستخدم هذا الجهاز لتوحيد الموجة الكاملة كما في الشكل حيث يبين أسفل الدائرة موجة كاملة موحدة .

وفائدة الملف الخانق هو إستعدادل مفحنيات انصاف الموجة وجعلها مستقيمة وذلك بسبب تأخر هبوط وإرتفاع التيار نتيجة التأثير النفس للملف الخانق وتسمى هذه العملية بعملية التنعيم وفائدة المقاومة  $\gamma$  هو تحديد التيار عند إبتداء القوس وذلك عند إمالة الأنبوبة — وفائدة المقاومة  $\delta$  الموصلة بالتوازي مع خرج الموحد عن طريق مفتاح أو ماتيكي يقوم بتوصيلها عند انخفاض الحمل أو — أنقطاعه — فيمر بها تيار يساعد على استمرار القوس وعدم انقطاعه ، وبالتالي إستمرار عمل الموحد مهما اختلف تيار الحمل أو تلامشى .

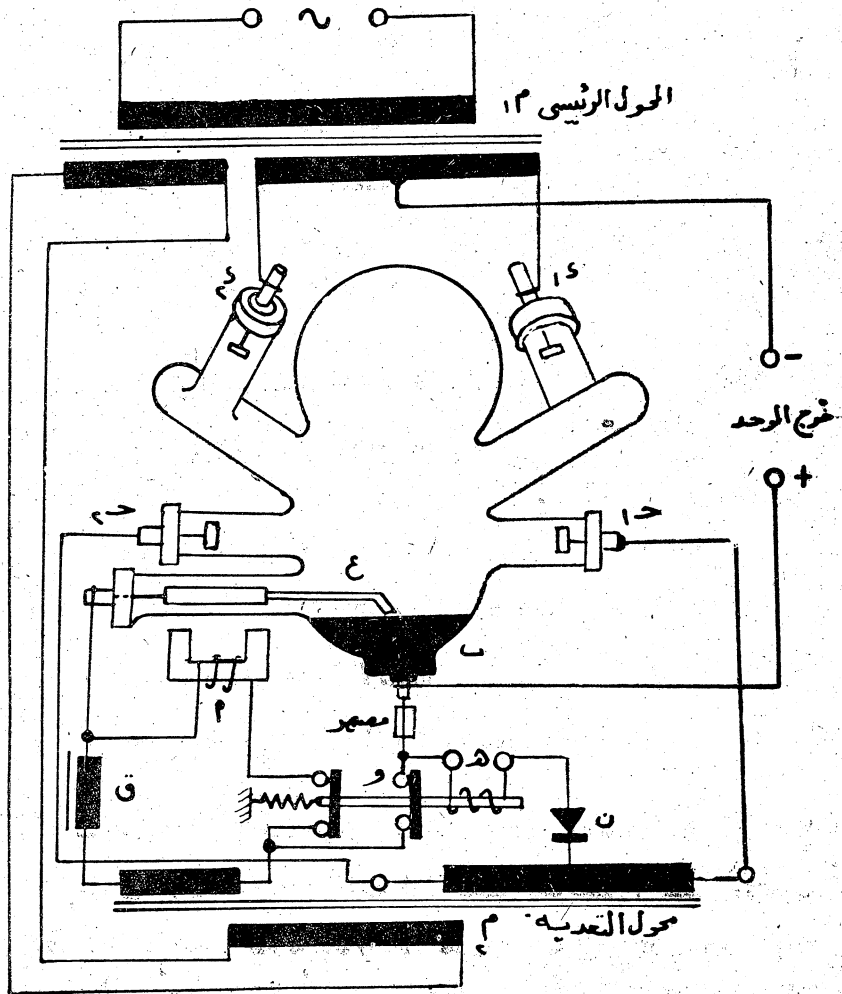
#### ٦٦ الوحدات الزئبقية بعد التحسين : —

رأينا في الموحد الزئبقى السابق عدة متاعب تسبب إنقطاع القوس الكهربى عند إنخفاض الحمل أو إنقطاعه — هذا علاوة على صعوبات بدء التشغيل التى تمنع إهتزاز الموحد أو ميله إلى اليمين ثم اليسار عدة مرات بحيث يتحرك الزئبق بين المستودعين  $\beta$  ،  $\gamma$  في الشكل السابق ٣/٦ حتى يحدث إنسكاب وقطع الزئبق



بينهما ليكن إحداث قوس كهربائي لازم لتبخير جزء من الزئبق ليملاء فراغ الموحد .

لهذه الأسباب قد أدخلت عدة تحسينات إلى الموحدات الزئبقية لتحقيق تشغيل الموحد بطريقة أوتوماتيكية وإنتظام عمله وهذه التحسينات كما هو واضح في شكل ٤/٦ (هـ) :-



شكل ٤/٦ دائرة موحد زئبقى لتوحيد الموجة الكاملة يشتغل على ينبوع تيار متغير وجه واحد فيه بدء التشغيل وتنظيم الخرج أوتوماتيكياً .

١ - إضافة مصعدين بخلاف المصعدين الرئيسين لضمان إستمرار القوس الكهربى كما سبق التلميح عنه فى ( الشكل ٦ / ١ ) ، ( شكل ٦ / ٤ ) .

٢ - إشتغال الموحد أوماتيكياً بدون إمالة الموحد وذلك بإستخدام قطب الإشتعال ع كما فى شكل ( ٦ / ٤ ) .

وشكل ( ٦ / ٤ ) يبين دائرة موحد زئبقى يشغل وينظم أوماتيكياً .

١٢ - المحول الرئيسى

١٥ ٦ ١٥ - المصعدان الرئيسيان

١٦ ٦ ١٦ - المصعدان الساعدان

ع - ذراع الإشتعال

ب - المهيبط

١ - ملف مغناطيس لإحداث الإشتعال .

و - قاطع أوماتيكى يفصل دائرتا الإشتعال والمصعدان الساعدان

هـ - الملف المغناطيسى للقاطع

٢ - موحد معدنى لتمرير تيار المصعدان الساعدان

٣ - خانق تحديد تيار ملف الإشتعال .

٢٢ - محول التغذية اللازمة للاشتعال وإستمرار عمل الموحد .

الرسم يبين الدائرة الكهربائية لموحد زئبقى يشغل أوماتيكياً عند الإبتداء .  
فلا يحتاج إلى تحريكه وإنما يبدأ عمله بتأثير ملف مغناطيسى ا يسمى مغناطيس الإشتعال فعند مرور تياره يؤثر على قلب حديدى ع مثبت بريشة مرنة فى الشعبة الخامسة القريبة من قاع الموحد الزئبقى - فإنه يجذب القلب . ع إلى أسفل فى حركة متذبذبة كرافعة الجرس الكهربى فينفهمس طرف القلب ع فى

الزئبق ويرتفع عنه في دفعات متتالية مما يسبب حدوث شرر كهربائي يعمل على تبخير جزء من الزئبق يملأ فراغ الإناء - وعندئذ يبدأ مرور تيار من المصعد  $\gamma$  إلى المهبط  $\beta$  وعندما يكون المصعد  $\gamma$  موجب يمر التيار  $\gamma$  إلى المهبط  $\beta$  - ويوجد على جانبي الموحد وأعلى القلب ع شعبتان بداخلهما المصعدان المساعدان  $\gamma_1, \gamma_2$ ،  $\gamma_3$  يسميان مصعدا التغذية - ويتصلان بملف ثانوى لمحول مساعد غير المحول الرئيسى ينشأ بينهما وبين المهبط مرور تيار صغير يكمل الدائرة في الملف  $\gamma$  فيتمغنط قلب الملف  $\gamma$  ويعمل على فصل المفتاح وتقطع بذلك دائرة المغناطيس  $\alpha$  (مغناطيس الاشتعال) - وكذلك تنفصل دائرة المصعدين  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  ويقف عمل القلب المهتز ويعمل المصعدان  $\gamma_1, \gamma_2$  على استمرار ملء الفراغ للموحد ببخار الزئبق - حتى في حالة إنقطاع الحمل - وفائدة الخانق  $\gamma$  هو تحديد التيار في ملف مغناطيس الاشتعال عند البدء .

ويلاحظ أن ملف الاشتعال  $\alpha$  والمصعدان  $\gamma_1, \gamma_2$   $\gamma_3$  يستمدان التيار اللازم لتشغيلهما من محول تغذية يغذى من المحول الرئيسى الذى يتصل بدوره بالبنبوع المراد توقيده .

#### ١٦٦١ نظرية تشغيل الموحد الزئبقى : -

١ - عند توصيل الملف الابتدائى للمحول الرئيسى ببنبوع تيار متغير يصل إلى المصعدين الرئيسيين  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  - ولكن بسبب وجود بخار زئبق في الموحد لا يشتغل الموحد .

٢ - عند مرور تيار إلى محول التغذية يمر في الملف المغناطيس  $\alpha$  (ملف الاشتعال) تيار فيعمل على جذب الرافعة  $\gamma$  فتلامس سطح الزئبق في المستودع  $\beta$  ويحدث قوس كهربى بين سطح الزئبق والريشة مما يسبب تبخير جزء من الزئبق وينتشر بخار الزئبق في فراغ الموحد .

٣ - يبدأ الموحد عمله وذلك بمرور تيار عند الأنصاف الموجبة للذبذبة بالتناوب بين  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  إلى المهبط  $\beta$

٤ - يمر من المهبط ب تيار موحد خلال ملف القاطع المغناطيسي هـ، وذلك لأن دائرة الملف الثانوى لحول التغذية مقفلة عن طريق نقط توصيل القاطع و الموحد هـ فيعمل هذا الملف على تشغيل القاطع الأتوماتيكي بتحريك الرافعة و فينفصل ملف الإشتعال ا عن التيار ويبطل عمله ويظل الموحد في حالة تشغيل .

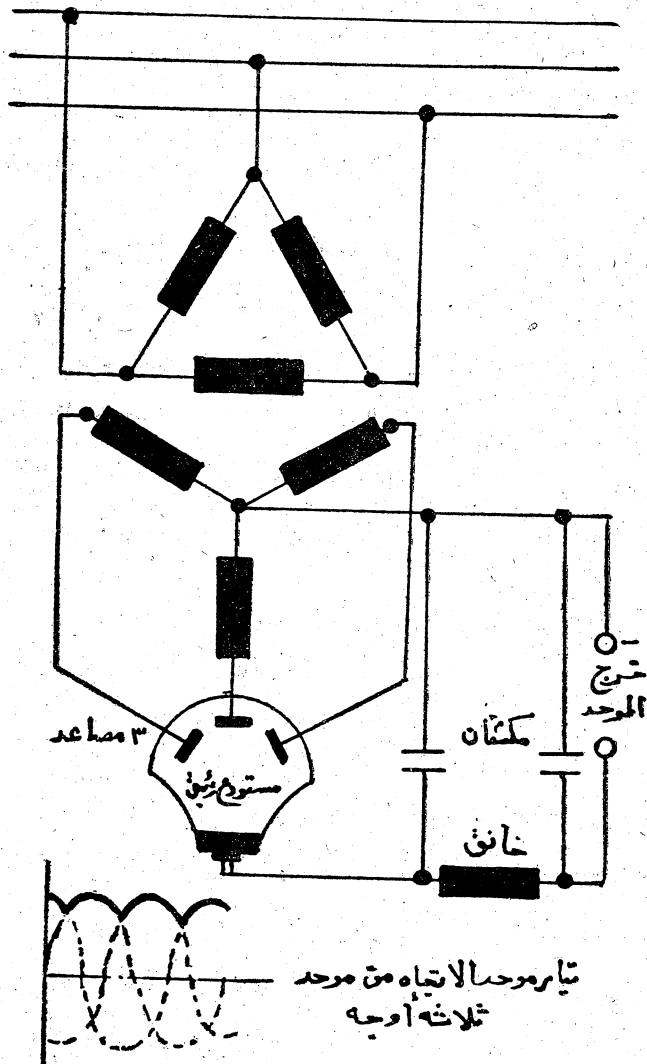
٥ - ولكن عند إنقطاع تيار الحمل في خرج الموحد فتصبح دائرة المصاعد الرئيسية مفتوحة مما يسبب إيقاف عمل الموحد - ولكي يظل الموحد في حالة تشغيل دائم مهما تغير الحمل أو إنقطع يقوم المصعدان المساعدان ج١ ج٢ بمرور تيار في الموحد ويظل بخار الزئبق وبالتالي يظل عمل الموحد - وبذلك نكون قد إستوفينا الغرضان السابق التنويه عنهما في بدء الحديث عن الوحدات الزئبقية بعد التحسين .

#### ٦٧ « الوحدات الزئبقية ذات الثلاثة أوجه »

تستخدم الوحدات الزئبقية ذات الثلاثة أوجه لتوحيد التيار من ينبوع ٣ أوجه ويكون الموحد ذو ثلاثة مصاعد يتصل كل منها بأحد أوجه التيار والرسم شكل ٥ / ٦ يبين موحد ٣ أوجه .

تتصل أقطابه الثلاثة بالملفات الثانوية لحول على شكل نجمة والملف الابتدائي له على شكل دلتا يتصل بالينبوع ويخرج الطرف السالب لخرج الموحد من النقطة المشتركة أما الطرف الموجب فيخرج من مهبط الموحد عن طريق ملف خائق يعمل على تنعيم التيار وتعديل إنحناء التيار إلى خط مستقيم .

ولكي نعمل على التقليل من التعاريج الناتجة من موحد ٣ أوجه أمكن عمل وحدات ذات ستة أقطاب يمكن تغذيتها من ملف ثانوى ذو ستة ملفات وتسمى هذه التوصيلة باسم النجمة الزدوجة كما هو واضح في ( شكل ٧ / ٦ )



شكل ٦/٥ دائرة موحد زئبقى ثلاثة أوجه ومتصلة بدائرة تنعيم  
شكل ٦/٦ أسفل يبين منحنى التيار الخارج من الموحد

#### ٦٨ تبريد الموحّدات الزئبقية :

يجب أن يكون المصعد في درجة حرارة أقل بكثير من درجة حرارة المهبط  
وإذا ارتفعت درجة حرارة المصعد عن ٥٠٠ درجة م فإنه يبطل عمل الموحد ويسمح  
بمرور التيار في الجهتين - ولهذا السبب استعملت عدة طرق لتبريد الموحّدات

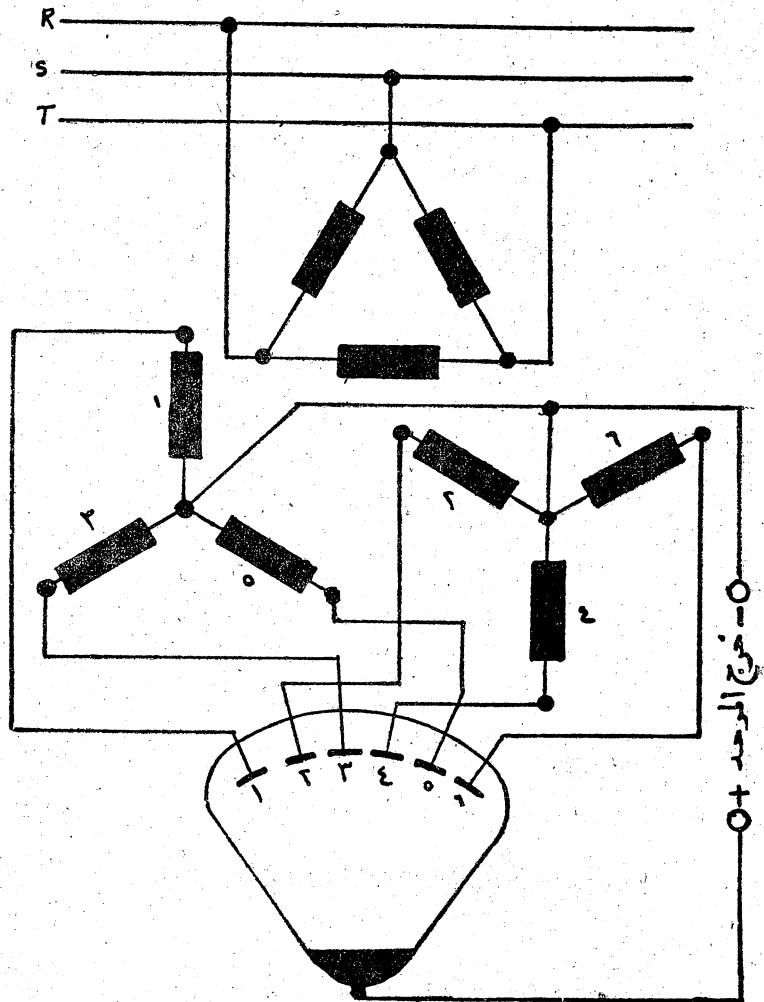
وذلك باستعمال مراوح كهربائية تدفع تياراً هوائياً شديداً إلى الموحد أو باستعمال تيار مائي يدفع داخل مواسير توضع حول أنبوبة الموحد الزئبقى .

#### ٦٨١ الاشتعال العكسى . —

عند إرتفاع درجة حرارة المصعد إرتفاعاً شديداً نتيجة عدم توفر التبريد الكافى للموحد فإن الموحد يفقد تأثيره ولا يسرى التيار فى الاتجاه الصحيح من المصعد إلى المهيبط بل يسرى التيار من مصعد إلى آخر مما يسبب حدوث قصر فى أوجه التيار للملف الثانوى للمحول — ويسمى هذا القصر بالإشتعال العكسى — أى الإشتعال الغير مرغوب فيه الذى يبطل عمل الموحد وإحداث الضرر بجهاز التوحيد وبالأخص لمحول التغذية والمحول الرئيسى ولذلك يجب الإهتمام بوسائل التبريد فى الموحد . ويمكن تقسيم التبريد إلى نوعين رئيسين : —

#### ٦٨١١ — التبريد بواسطة الماء : —

فى الوحدات ذات القدرات العالية يصنع الوعاء الخارجى للموحد من الصلب وتصل شدة التيار فى هذا النوع إلى ١٠,٠٠٠ أمبير عند ضغط ٥٠٠٠ فولت ويصل عدد مصاعد هذا النوع إلى ٢٤ مصعد ولذلك تختلف عدد المصاعد حسب الآتى ٦ أو ١٢ أو ١٨ أو ٢٤ مصعد ويستخدم لهذه الوحدات الكبيرة الماء للتبريد ويستخدم كذلك مضختان إحداهما خاصة بماء التبريد لتحريك تيار الماء بصورة منتظمة حول وعاء الموحد طول فترة التشغيل فتسحب الماء الساخن من حول الموحد وتدفع بدلا عنه ماءً بارداً ليظل الموحد منخفض الحرارة كما سبق القول — أما المضخة الثانية فتتصل بداخل وعاء الموحد لتقوم بتفريغ الموحد تفريغاً كاملاً — فقد ثبت أن الوحدات المبردة بالماء تسبب وجود غاز الايدروجين بها داخل فراغ الموحد وهذا الغاز ينشأ من ماء التبريد حيث تخترق أيونات إيدروجين الماء جدار وعاء الموحد وتصل إلى داخل وعاء الموحد المفرغ . ويظهر من ذلك صعوبة تركيب هذا النوع .



شكل ٧/٦ دائرة موحد زئبقى ستة مصاعد يفذى بمحول متصل بطريقة النجمة المزدوجة

### ٣٨٦ التبريد بواسطة الهواء : —

نسبة للصعوبات السابقة بسبب تكون غاز الايدروجين داخل فراغ الموحد  
 وضرورة استخدام مضخة للتفريغ المستمر داخل الموحد بسبب التبريد بالماء —  
 لذلك استخدام الهواء للتبريد بدلا من الماء ولذلك يلزم مضخات للماء والتفريغ  
 وتسمى هذه الموحدات بإسم موحدات ذات تبريد هواء .

وهذا النوع من الوحدات تكون عالية التفريغ ولذلك يلزم إحكام مداخل التيار بمجدار الوعاء الصلب هذا علاوة على ضرورة عزل أطراف المصاعد الرئيسية والمصاعد المساعدة والمهبط عزلا جيد عن الجدار الخارجى للموحد ولذلك يلزم أن تنفذ هذه الأطراف المصنوعة من معادن خاصة خلال زجاج رصاصى يتحمل الحرارة ويكون معامل تمدده مثل معامل تمدد معدن الأطراف التى تنفذ فيه هذا علاوة على جودة الغالية فى العزل ومقاومة التصاقه بالجدار الصلب للوعاء ويتحمل هذا الزجاج درجات الحرارة العالية - ويجب أن يلاحظ أن إختلاف معامل تمدد الزجاج مع معامل تمدد أطراف أعضاء الموحد يسبب تشقق الزجاج وبالتالى تسرب الهواء الجوى داخل الموحد - ويمكن مراقبة القوس الكهربى داخل الموحد عن طريق هذا الزجاج - ومن هنا تظهر أهمية الإهتمام بإحكام تثبيت الزجاج الرصاص مع هيكل الوعاء الخارجى للموحد والرسم ( شكل ٦ / ٨ ) يبين أحد أنواع من الوحدات المعدنية المستخدمة فيها الهواء للتبريد .

و ( شكل ٦ / ٩ ) يبين أحد أنواع الوحدات المعدنية المستخدمة فيها الماء للتبريد .

#### ٦٩. الطرق المختلفة لتوصيل الوحدات ذات الستة مصاعد : —

لا بد من إستخدام محول ليربط بين الينبوع ودخل الموحد حيث يجب مراعاة ضغط الخرج المطلوب والمحول يوفق بين ضغط الينبوع والضغط الواجب إستخدامه فى تغذية الموحد .

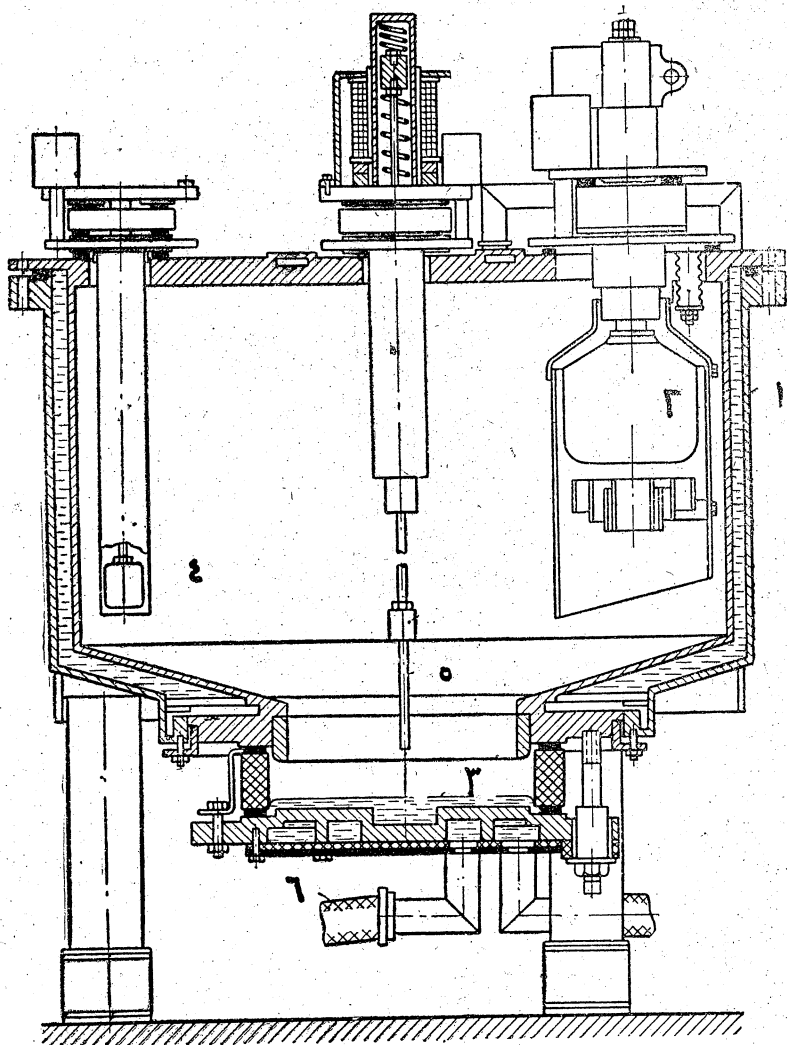
ولذلك يوجد عدة طرق للتوصيل وهى : —

١ - طريقة المحول ذو الستة ملفات الثانوية

٢ - طريقة المحول  $\Delta$  / y مع إستعمال الخناق

٣ - طريقة المحول النفس



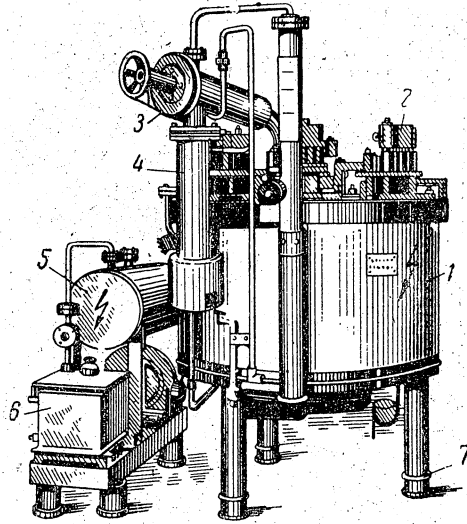


شكل ٨/٦ قطاع في موحد زيتي له وعاء من الصاب وبين به طريقة تبريد الموحد  
وبيان الأجزاء كالآتي :-

- ١ - وعاء من الصاب ذو جدار مزدوج ليمر بينهما هواء بارد .
- ٢ - أحد المصاعد السقة التي تثبت في القاعدة العليا العازلة وتلحم بها أطراف توصيل المصاعد أعلى الموحد وتصنع الموحدة من الجرافيت أو الصاب النيكل .
- ٣ - المهيض وهو عبارة عن وعاء معدني بداخله زيت يتراوح وزنه بين ١٥٠ - ٢٥٠ كيلو جرام ليعمل ١٠٠ أمبير للتيار الموحد .
- ٤ - أحد المصاعد المساعدة وتغذى من محول مساعد بخلاف المحول الرئيس .
- ٥ - مصعد الإشغال لتوليد بخار الزيت عند بدء التشغيل ويتذبذب في حركة ترددية بواسطة ملف مغناطيسي أعلى الموحد ليحدث قوس كهربائي عند سطح الزيت بسبب تبخر الزيت ويغلا فراغ الوعاء .
- ٦ - طرف توصيل مهيض الموحد ( خرج الموحد ) .

٤ - طريقة المحول  $Y / Y$  ذو ملف الموازنة

٦٩١ر طريقة المحول ذو الستة ملفات الثانوية : -

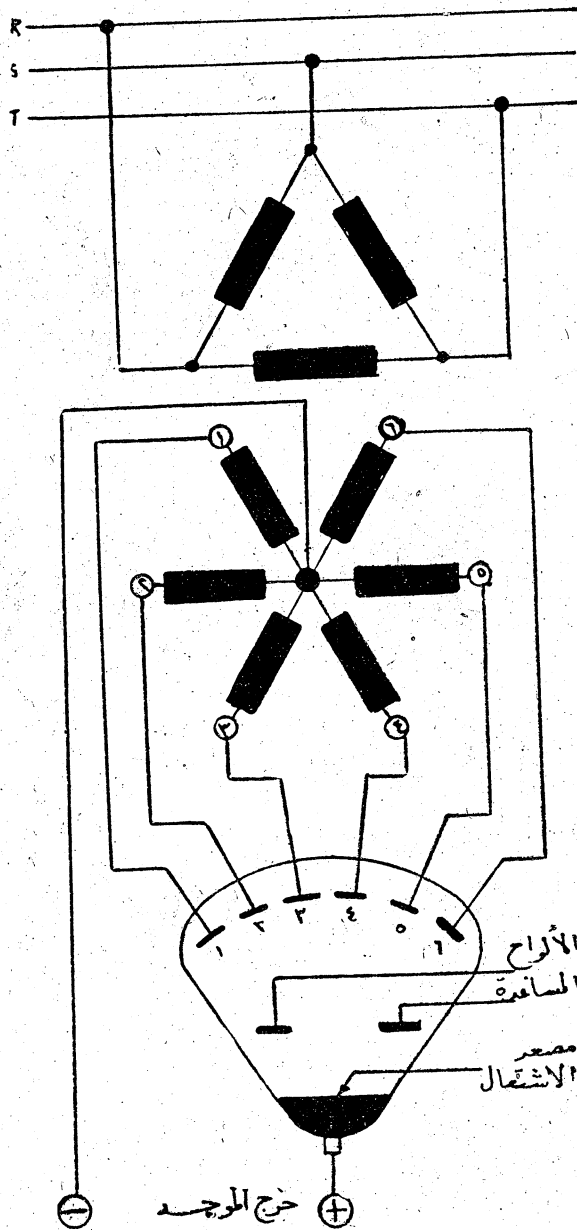


شكل ٩/٦ موحد زيتي وعاء من الصلب يتم التبريد به بواسطة الماء .

يستخدم لذلك محول ملفه الابتدائي  $\Delta$  (دلتا) ويكون ضغطه مساوي لضغط الينبوع وملفه الثانوي عبارة عن ستة ملفات ضغوطها متساوية وتتصل جميعها بمساعد الموحد والطرف الآخر لها يتصل بنقطة حياد وتمثل الطرف السالب بالخرج الموحد كما هو واضح في (شكل ١٠/٦)

٦٩٢ر طريقة المحول  $Y / \Delta$  مع استعمال ملفات خاتقة : -

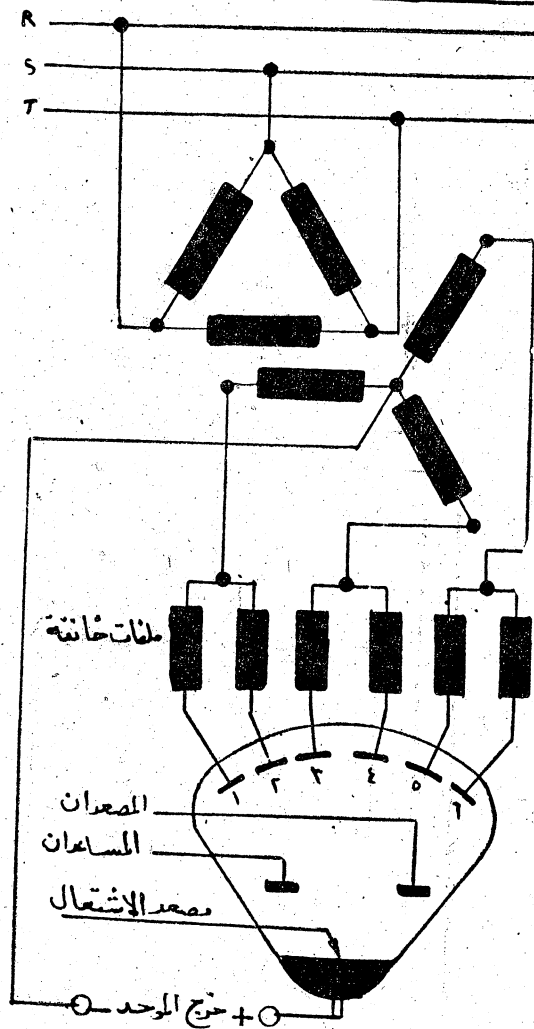
في هذه الطريقة يكون الملف الابتدائي دلتا والملف الثانوي نجمة ويتصل كل وجه بخاتقين وبذلك يكون مجموع الخواثق ستة تكون متصلة بالتوالي بين الثلاثة أوجه للملف الثانوي وبين الستة مصاعد للموحد كما في شكل (١١/٦) وفي هذا النوع هذا من التوصيل يكون ضغط الخرج للتيار المستمر أكثر انتظاماً عن التيار الموحد بواسطة الثلاثة مصاعد .



شكل ١٠/٦ طريقة توصيل موحدة تبقى ذو ستة مصاعد يتصل به محول ذو ستة ملفات ثانوى

٣٩٩ طريقة التوصيل بالمحول النفسى:

يستخدم لذلك محول نفس ضغطه من ٢٠٠ - ٢٤٠ فولت على أن يتصل

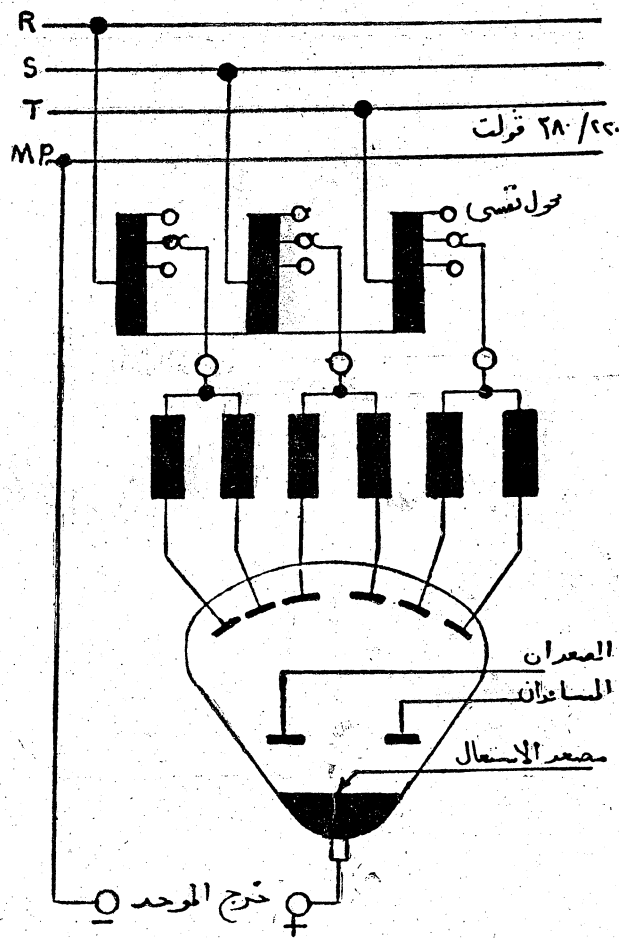


شكل ١١/٦ طريقة توصيل م-وحد ذو ستة مصاعد باستخدام محول دلتا / نجمة  
(  $Y/\Delta$  ) مع استعمال ملفات خاتمة كأحمال للمصاعد الستة .

يقيموع ثلاثة أوجه  $٣٨٠ / ٢٢٠$  فولت ويمكن الحصول من خرج هذا الموحد  
على  $٢٢٠$  فولت مستمر ويستخدم المحول النفسى فى تنظيم الضغط المستمر من  
 $٢٠٠ - ٢٤٠$  فولت كما هو واضح فى شكل ١٢/٦

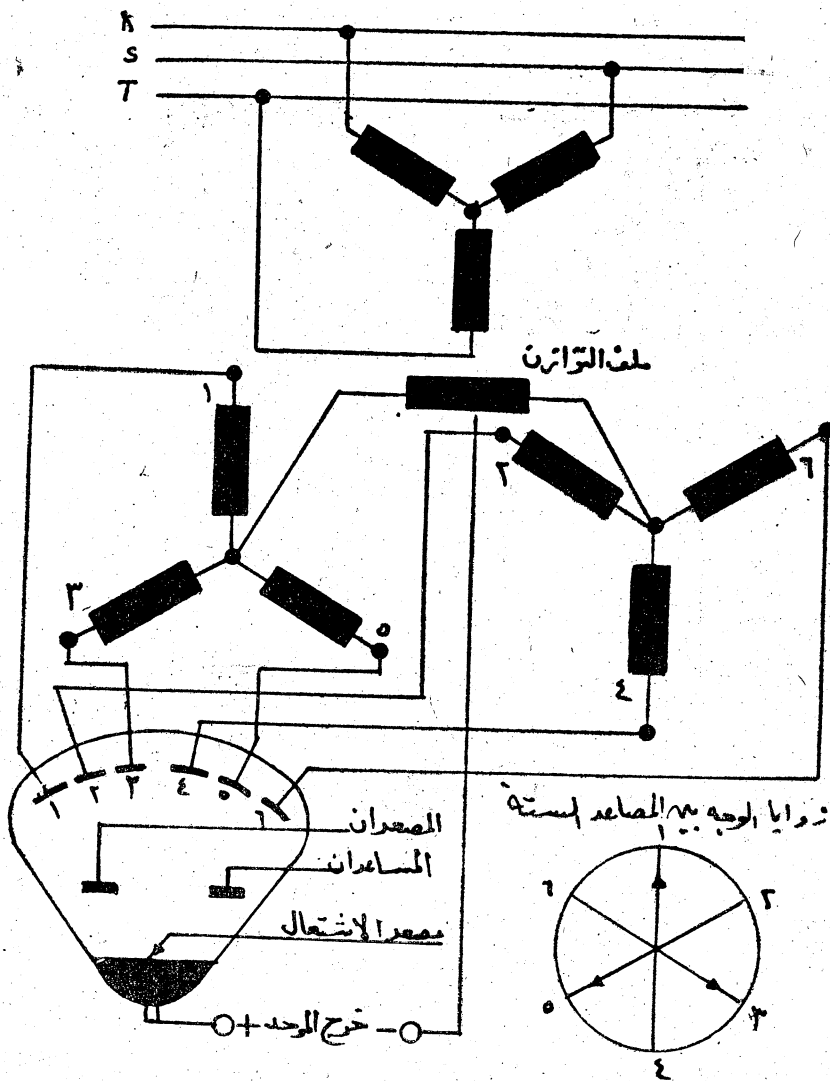
٤٩٩٦ طريقة المحول  $Y / Y$  ذو ملف التوازن : -

يستخدم فى هذه الطريقة ملفان ثانويان كل منهما على شكل نجمة وتصل



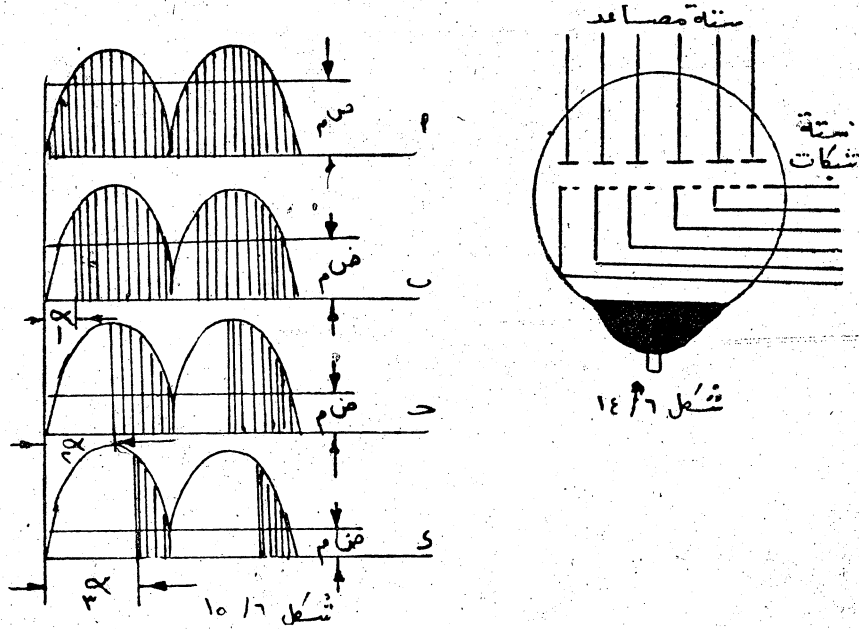
شكل ١٢/٦ طريقة توصيل موحد زئبقى ذو ستة مصاعد باستخدام محول تقسي وملفات خازنة كاحمال للستة مصاعد .

الملفات الستة بمصاعد الموحد بشرط أن تتصل بالتناوب بحيث يوصل ملف من النجمة الأولى وآخر من النجمة الثانية وهكذا وبذلك يتم توصيل الستة مصاعد بشرط أن يكون زمن الدورة الواحدة لكل مصعد يساوى ثلث الدورة وليس السدس وهذا مفيد بالنسبة لأن زمن بقاء النبضة الواحدة يكون أكبر بعكس الطريقة الأولى حيث يكون زمن بقاء النبضة  $\frac{1}{3}$  زمن الدورة الواحدة حيث تقل الاستفادة من المحول وهذه الطريقة لها أهمية خاصة في القدرات المتوسطة والكبيرة وبذلك أمكن استخدام موحد ذو ستة مصاعد مع الاستفادة بزمن بقاء النبضة



شكل ١٣/٦ طريقة توصيل موحد زئبقى ذو ستة مصاعد باستخدام محول نجمة / نجمة  
( Y/Y ) ذو ملف توازن يتصل بنقطتي الحياد في الملفات الثانوية .

الواحدة ثلث زمن الدورة وليس السدس وتوصل نقطة التعادل للملفين الثانويين  
بملف التوازن الواصل بين نقطتي التعادل للملفين وتكون زاوية الاختلاف بين  
الملفين  $180^\circ$  في الوجه الواحد وملف التوازن يكون له طرف ثالث يتصل بنقطة  
الخارج السالبة وملف التوازن لا يسرى به تيار متغير بسبب الاستفنتاج النفسى



- شكل ١٤/٦ موحد زئبقى ذو ستة مصاعد وستة شبكات للتحكم في تنظيم ضغط خرج الموحد  
 شكل ١٥/٦ الإشتعال بدون تخلف (زاوية التحكم صفراً)  
 شكل ١٥/٦ ب الإشتعال مع تخلف بزاوية مقدارها  $\alpha$ .  
 شكل ١٥/٦ ج الإشتعال مع تخلف بزاوية مقدارها  $2\alpha$  أكبر من  $\alpha$ .  
 شكل ١٣/٦ د الإشتعال مع تخلف بزاوية مقدارها  $3\alpha$  أكبر من  $\alpha$  و  $2\alpha$ .

ولسكن يمر به التيار العائد المستمر فيكون بمثابة مقاومة أوعية فقط — وبذلك يعمل كل مصعد لمدة ثلث زمن الدورة كما هو واضح في شكل (١٣/٦)

#### ٦١٠ تنظيم الضغط في الموحد الزئبقى : —

يمكن خفض ضغط خرج الموحد الزئبقى وبدون مفايد عملية إلى درجة الصفر وذلك بإستخدام الشبكة الحاكمة — وهذه الشبكة عبارة عن لوح معدنى به ثقب أو شبكة معدنية توضع في فراغ الموحد الزئبقى بين المصعد والمهبط فيمكن للالكترونات المتحركة من المهبط إلى المصعد أن تنفذ خلال ثقب الشبكة الحاكمة والسبب في تسميتها شبكة حاكمة Control Grid لأنه يمكن بواسطتها عن طريق

تغيير الضغط السالب الموضوع على هذه الشبكة للتحكم في كمية الإلكترونات الواصلة إلى المصعد كما هو الحال في الصمامات الالكترونية المستخدمة في أجهزة الراديو وعند استخدام موحد ذو ستة مصاعد يمكن وضع ستة شبكات بينها وبين المهبط تتحكم كل منها في طريق الإلكترونات الواصلة إلى المصعد كما هو واضح في شكل ١٤/٦ - فعند وضع جهد موجب على الشبكة يضاعف من قوة جذب الإلكترونات الواصلة إلى المصعد وعند وضع جهد سالب على الشبكة يقلل من كمية الإلكترونات بسبب تفافر الإلكترونات وكلما زاد الجهد السالب كلما قلت كمية الإلكترونات الواصلة إلى المصعد وبالتالي يقل تيار المصعد - وعند إزدياد الجهد السالب على الشبكة إلى حد معين يمنع تماماً الإلكترونات للوصول إلى المصعد ويقف تيار المصعد - ويسمى الضغط الموضوع على الشبكة الذي عنده يبدأ تيار المصعد في الزيادة أثناء نصف الدورة الموجب يسمى ضغط الشبكة في هذه اللحظة بإسم الضغط الحرج للشبكة . وبذلك يمكن تأخير تيار الاشتعال للمصعد بواسطة ضغط الشبكة .

فإذا رمزنا لزاوية تأخر تيار الاشتعال للمصعد عن ضغط الشبكة بالرمز  $X$  وتسمى زاوية التحكم بقيمة متوسط الضغط المستمر للموحد بالرمز  $\text{صم}$  - فانه كما يظهر في الشكل ١٥/٦ - أ ، ب ، ح .

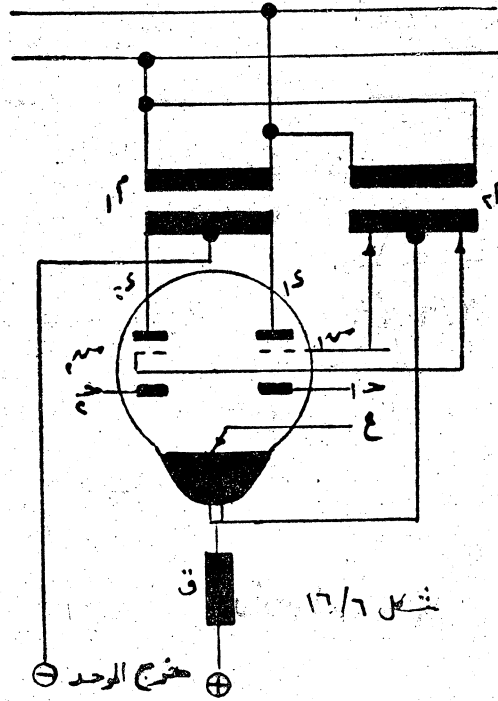
ففي الشكل ١٥/٦ - أ يكون تيار الاشتعال للمصعد بدون تخلف وتكون زاوية التحكم  $\infty$  = صفر وفي شكل ١٥/٦ - ب يكون تيار الاشتعال للمصعد متأخراً بالزاوية  $\infty$  فإن متوسط قيمة الضغط  $\text{صم}$  يقل - حيث تبين المساحة المشره قيمة الضغط المستمر .

$$\text{صم} = \frac{\text{مجموع المساحة المشره (قيمة الضغط المستمر)}}{\text{طول نصف الوجه}}$$

وفي شكل ١٥/٦ - ح يكون تيار الاشتعال متأخراً بالزاوية  $\infty$  فيزداد

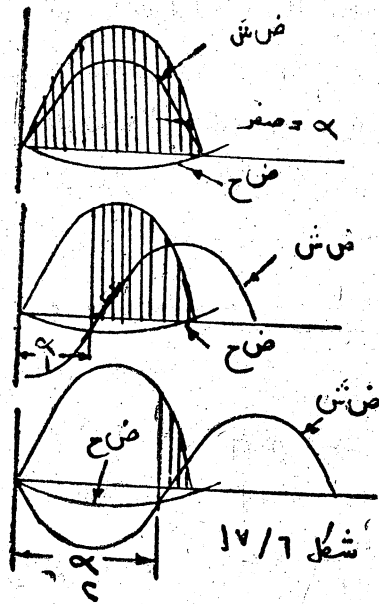


بذلك تأخر تيار الاشتعال مم سبب نقصان قيمة متوسط الضغط وهكذا والنتيجة النهائية أنه كلما زادت زاوية تأخر تيار الاشتعال للمصعد كلما قل الضغط المستمر وبالتالي قيمة الضغط الخارج من الموحد ويتم ذلك نتيجة التحكم في قيمة ضغط الشبكة السالب .



شكل ١٦/٦ طريقة توصيل موحد زئبقى ثنائى المصاعد يتصل بنبوع تيار متغير وجه واحد مع استخدام شبكة تحكم .

ويمكن تغذية الشبكة بواسطة ضغط مستمر أو متغير أو كليهما معاً ففى شكل ١٦/٦ يبين موجد زئبقى ثنائى المصعد فيه ١٥ ، ١٦ المصعدان الرئيسيان تغذيان من الملف الثانوى لمحول ١٢ وتغذى الشبيكتان ١٣ ، ١٤ من محول ١١ ويمكن التحكم في قيمة الضغط بتغيير طرفي المحول ويتصل منتصف الملف الثانوى بمهبط الموحد الذى يتصل بالخائق ١٧ - أما ١٨ ، ١٩ فهما المصعدان المساعدان ، ع هو مصعد الاشتعال .



وشكل ١٧/٦ يوضح العلاقة بين تيار اللوح وضغط الشبكة ويحدد عليهما نقطة الاشتغال نتيجة تقاطع منحنى ضغط الشبكة مع منحنى الضغط الحرج  $\alpha$  ص ح ويلاحظ أنه كلما زادت زاوية تأخر تيار المصعد عن ضغط الشبكة كلما نقص الضغط المتوسط الحرج للموحد وفي الرسم شكل (١٧/٦)

$\alpha$  ص ح = ضغط الشبكة .

شكل ١٧/٦ تأثير ضغط الشبكة الحاقمة على بدء الإشتغال .

ك  $\alpha$  ص ح = الضغط الحرج .

## الموحدات الحرارية

### ٦١١ - مقدمة

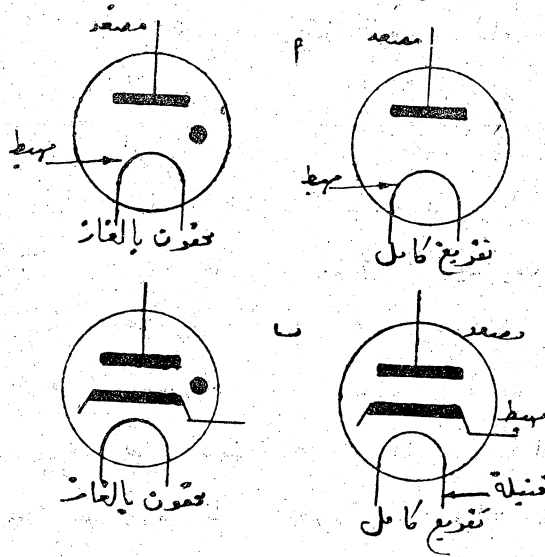
الموحدات الحرارية - وتسمى ذات المهبط المتوهج تتكون من غلاف زجاجي أو معدني يفرغ تماماً من الهواء - ويوجد بعض منها يحقن بعد تفرينها بغاز خامل أو بخار معدني - وداخل الغلاف قطبان أحدهما يسمى المصعد والآخر يسمى المهبط ويصنع المهبط من معادن مشعة غنية بالألكترونات مثل التنجستين والتوريوم أو بعض أكاسيد الباريوم والسترونشيوم ويعتمد على الإشعاع الإلكتروني وبالتالي مرور التيار داخل الفراغ يعتمد فيه على الإلكترونات الحرة التي تجمع حول سطح معدن المهبط عند توهجه ولذلك تسمى بالوحدات ذات المهبط المتوهج - أو

الموحدات الحرارية وتزود الأقطاب التي داخل الغلاف الزجاجي بأطراف خارجية  
ليمكن توصيلها كهربائيا - وإذا كان الموحد يحتوى على عضو ثالث أى شبكة  
حاملة كما سبق القول في الموحدات الزئبقية لتعمل على التحكم في ضغط الموحد يسمى  
الموحد ثيرatron أما إذا كان الموحدات يحتوى على الصعد ومهبط نقط ومحقون بالناز  
فقط فيسمى فانوترون - وعند مرور تيار كهربائى في فتيلة قريبة من المهبط ترتفع  
درجة حرارة المهبط وتتحرك الإلكترونات الحرة داخل ذرات المعدن وتجمع  
حول سطح المهبط - وتسمى هذه الظاهرة بإسم شحنه الفراغ space charge  
فإذا وضع جهد موجب على المصعد تنبعث الإلكترونات من المهبط إلى المصعد  
وبالتالى يمر تيار كهربائى من المصعد إلى المهبط داخل الفراغ وعند وضع شحنة  
سالبة على المصعد لا يمر تيار أو تتأخر الإلكترونات معها - وإستخدمت هذه  
الظاهرة في توحيد التيار المتغير .

#### ١٢٦ نوع المهبط في الموحدات الحرارية :-

يسخن المهبط بأحد طريقتين - إما بإمرار تيار كهربائى خلال المهبط الذى يصنع  
على شكل فتيلة مثل فتيلة المصابيح المتوهجة وتصنع من سلك أو شريط من معدن  
التنجستين الثريومى أو تصنع من سلك نيكل ويطلى بطبقة من أكاسيد الباريوم  
وفي هذه الحالة تكون هذه الفتيلة هى مصدر الإشعاع الإلكترونى وتسمى بالمهبط  
ذو التسخين المباشر كما في شكل ١٨/٦ - أ - أى أن الفتيلة في هذه الحالة تكون  
وسيلة للتسخين وهى نفسها مصدر للإشعاع الإلكترونى .

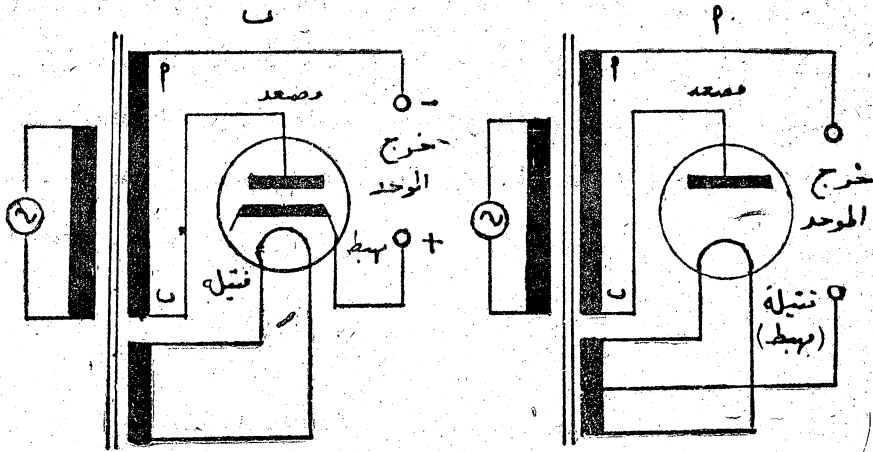
أما إذا صنع المهبط من المواد الفنية بالإلكترونات ويوضع قريبا منه فتيلة  
مصنوعة من النيكل لتقوم بتسخين المهبط عند مرور التيار بها فيسمى المهبط عند  
ذلك بإسم مهبط ذو تسخين غير مباشر - حيث لا يمر تيار التسخين بالمهبط  
وتسمى أذاه التسخين بالفتيلة كما في شكل ١٨/٦ - ب



شكل ١٨/٦ موجد حراري ثنائي ذو تسخين مباشر  
شكل ١٨/٦ ب موجد حراري ثنائي ذو تسخين غير مباشر في حالة التفريغ الكامل  
وحقق الغاز .

### ٦١٣ الموجد الحراري نصف الموجه :

يمكن استخدام صمام حراري ثنائي اتوحيد نصف الموجه سواء كان هذا الصمام ذو تسخين مباشر أو غير مباشر وكما في الرسم شكل ١٩/٦ - ١ بين دائره موجد حراري نصف موجه ذو تسخين مباشر الملف الابتدائي للمحول يتصل بالينبوع والملف الثانوي للضغط العالي يتصل أحد أطرافه بالمصدر وطرفه الآخر يمثل الطرف السالب لخرج الموجد والتسخين فتيلة الموجد للقيام بالإشعاع الألكتروني يوصل طرفها بملف ثانوي آخر ذو ضغط منخفض في نفس المحول - وشكل ١٩/٦ ب بين دائرة موجد حراري نصف موجه ذو تسخين غير مباشر ويكون خرج الموجد في الحالة الأولى (تسخين مباشر) من طرف في منتصف الملف الثانوي للفتيلة - أما في الحالة الثانية (تسخين غير مباشر) فيكون خرج الموجد من المهيطة نفسه ولا يوجد أي اتصال بينه وبين الفتيلة والملف الثانوي للمحول .



شكل ١٩/٦ أ طريقة توصيل موحد حراري نصف م-وجه ( ذو تسخين مباشر )  
 بنبوع تيار متغير وجه واحد .  
 شكل ١٩/٦ ب طريقة توصيل موحد حراري نصف م-وجه ( ذو تسخين غير مباشر )  
 بنبوع تيار متغير وجه واحد .

### ١٣١٦ نظرية التشغيل :

عند توصيل الملف الابتدائي للمحول بنبوع تيار متغير يمر تيار في فتيلة الموحد وسواء كان الموحد ذو تسخين مباشر أو غير مباشر تتوهج الفتيلة والمهيطة وتترك الإلكترونات الحرة أما كنها في الذرة وتتجمع حول سطح معدن المهيطة محدثة شحنة الفراغ وعند وجود النصف الموجب للذبذبة على مصعد الموحد ( عندما يكون الطرف ب موجبا ) فإنه يجذب اليه الإلكترونات التي تنبعث من المهيطة وتترد داخل الصمام من المهيطة إلى المصعد فإنه يمر تيار تبعاً لذلك من المصعد إلى المهيطة تيار كهربائي يتناسب مع الضغط الذي على المصعد وبما أن التيار الواصل إلى المصعد عبارة عن تيار متغير — فإن منحنى الضغط على شكل منحنى جيبي وبالتالي يكون التيار المار من المصعد إلى المهيطة على شكل منحنى جيبي وعند ما يكون الطرف ب سالباً و أ موجبا فيكون المصعد مشحون بشحنة سالبة — فلا تنجذب اليه الإلكترونات وبالتالي لا يمر تيار من المصعد إلى المهيطة —

ومعنى ذلك أنه لا يمر تيار خلال الموجه عند النصف السالب للذبذبة — وبذلك نكون قد حققنا توحيد التيار عند الأمطاف الموجهة على المصعد يمر التيار ولا يمر عند الأنصاف السالبة — ولذلك يسمى هذا الموحد باسم موحد ويمكن إستخدام هذه الموحّدات فى شحن البطاريات وفى الاستعمالات ذات التيارات والضغط المتوسط .

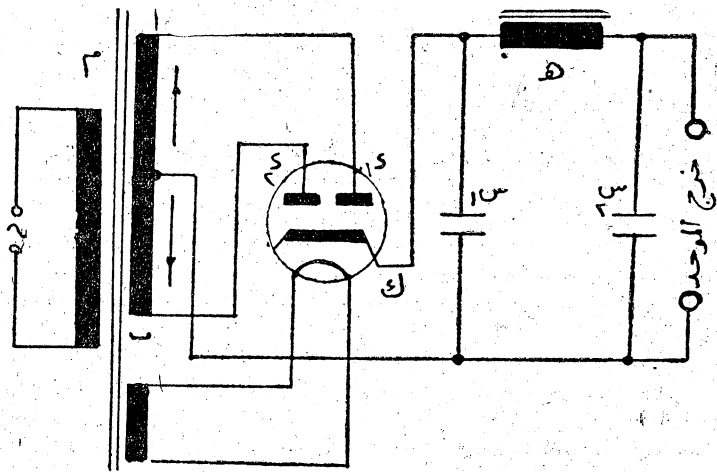
### ٦١٣١ الموحد الحرارى للموجه الكاملة :-

فى توحيد نصف الوجه السابق كان الموحد ذو مصعد واحد — ولذلك عند توحيد الوجه الكاملة يمكن إستخدام موحّدان كل منهما بمصعد بدلا من موحّد واحد . وقد أمكن إستخدام موحّد ذو مصعدين  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$  ومهبط ومسخن لتوحيد الموجه الكامل داخل غلاف واحد ويتصل المصعد  $\gamma_1$  الذى اليمين  $\gamma_2$  بطرف الملف للمحول والمصعد  $\gamma_2$  الذى على اليسار يتصل بالطرف الثانى للملف الثانوى ب ويتصل مسخن موحّد بالملف الثانوى لتسخين المهبط  $\gamma_1$  ويمكن توصيل طرفى الملف الابتدائى للمحول بينوع التيار المتغير — ويتصل طرف المنتصف للملف الثانوى للمحول كنقطة مشتركة سالقة لخرج الموحد ويتصل المهبط  $\gamma_1$  الذى تأخذ منه التيار الموحد بدائرة تكون من مكثفين  $C_1$  ،  $C_2$  وخانق للتردد المنخفض ه وهذه الدائرة تسمى بدائره التنعيم *Somthing Gruit* - وفائدة هذه هو تعديل التيار الخارج الموحد الإتجاه الذى شكل أنصاف موجبات تشبه القباب وجعلها ثابتة القيمة على شكل خط مستقيم وشكل  $20/9$  يبين دائره موجد موجه كامة ومتصل معه تنعيم .

### ٦١٣١١ نظرية تشغيل موحّد الموجه الكاملة :-

عند ما يكون الطرف ١ للملف الثانوى للمحول موجبا يكون الطرف ٢ لنفس الملف سالبار ومعنى هذا إن النصف الموجب للذبذبة يكون على المصعد  $\gamma_1$

وفي نفس الوقت يكون النصف السالب على المصعد  $\gamma$  ونتيجة لذلك تتحرك الألكترونات من المهبط إلى المصعد  $\gamma$  ولا تتحرك إلى المصعد  $\delta$  وبذلك يمر تيار من من المصعد  $\gamma$  إلى المهبط ولا يمر من المصعد  $\delta$  وعند نصف الدورة الثاني يكون المصعد  $\gamma$  موجباً والمصعد  $\delta$  سالباً فيمر تيار من المصعد  $\delta$  إلى المهبط ولا يمر من المصعد  $\gamma$  وبذلك نحصل على نصفى الموجة موحدى الإتجاه ولذلك سمى هذا الموحد بإسم موحد الموجة مكاملة .



أ تيار موحد الاتجاه للوحدة بإبطاء

ب شكل التيار بعد استخدام المكثف س

ج شكل التيار بعد استخدام المكثف س

شكل ٢٠/٦ ا على يمين طريقة توصيل موحد حرارى للموجة الكاملة بنبوع تيار متغير وجه واحد متصل بخرج الموحد دائرة تنعيم تحتوى على مكثفين وخانق .  
شكل ٢١/٦ أسفل تأثير عمل أجزاء دائره التنعيم على التيار الخارج من الموحد  
ويكون شكل التيار الموحد كما فى شكل ١١/٦ - ا على شكل قباب له نصف

خواص التيار المستمر أى أنه موحد الاتجاه إذ يحى النصف السالب ولكنه غير ثابت القيمة إذ يتغير من الصفر إلى النهاية العظمى ثم إلى الصفر . وكما معلوم أن التيار يتقدم على الضغط عن مروره فى المكثف بزاوية مقدارها  $90^\circ$  فيبدأ المكثف س، يشحن التيار الخارج من الموحد وبذلك نحصل على التيار كما بالشكل ٢١/٦ ب - و عند مرور التيار فى الخائق ه الذى له ممانعة عالية للتردد ومقاومة صغيرة للتيار المستمر فإننا نحصل منه على تيار موحد ومستقيم كما فى شكل ٢١/٦ ج -

#### ٦١٤ دوائر التوحيد الحرارية للتيار ذو ثلاثة أوجه :-

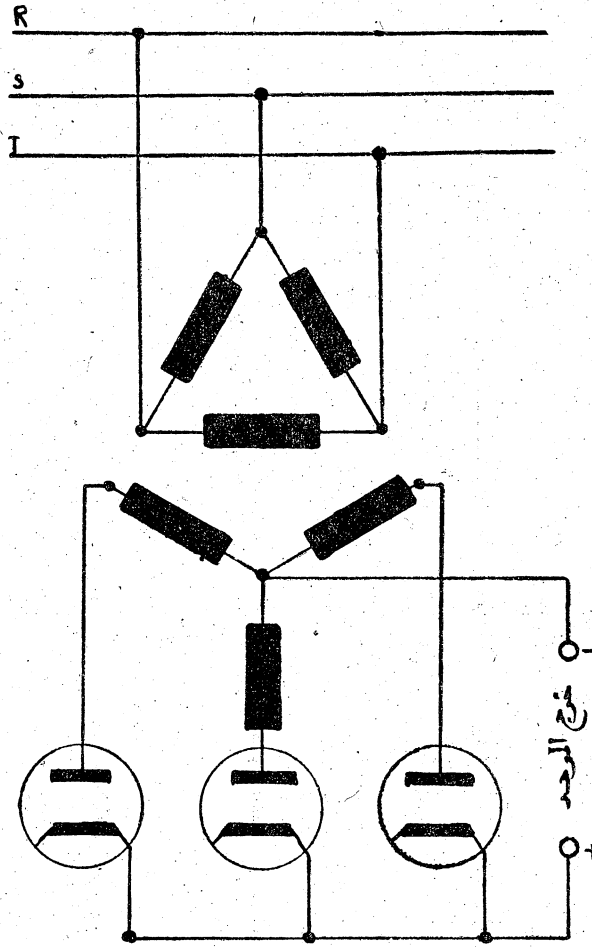
##### ٦١٤ أولاً :- دائرة موحد حرارى بمحول $\Delta / \gamma$ :-

يستخدم فى هذه الدائرة ثلاثة موحدات حدارية كل منها عبارة عن موحد ثنائى ( مصعد ومهبط ) ويتصل الملف الابتدائى للمحول بالينبوع أما الملف الثانوى الذى شكل نجمه بالمساعد الثلاثة للموحدات - وتمثل النقطة المشتركة لهذا الملف الطرف السالب لخرج الموحد - وتتصل المهابط الثلاثة معاً وتمثل الطرف الموجب لخرج الموحد كما هو واضح فى ( شكل ٢٢ / ٦ )

##### ٦١٤ ثانياً :- دائرة موحد حرارى بمحول $\Delta / \gamma$ ذو ملف توازن :-

يستخدم فى هذه الدائرة ستة موحدات تغذى من ملفين ثنائيين كل منهما على شكل نجمه وتتصل الملفات الستة بمساعد الموحدات والنقطة المشتركة للملفى النجمة يتصلان معاً عن طريق ملف توازن طرفه المتغير يمثل الطرف السالب لخرج الموحد والمهابط الستة تتصل معاً وتمثل الطرف الموجب . لخرج الموحد - وهذه الدائرة تجمع مميزات الموحدات الحرارية الأخرى هذا علاوة على عدم وجود تشبع مغناطيس فى قلب المحول بسبب اختلاف زمن كل وجه من الأوجه الستة ( شكل ٢٣ / ٦ ) يبين دائرة موحد حرارى بمحول  $\Delta / \gamma$  مزدوج ذو ملف توازن .





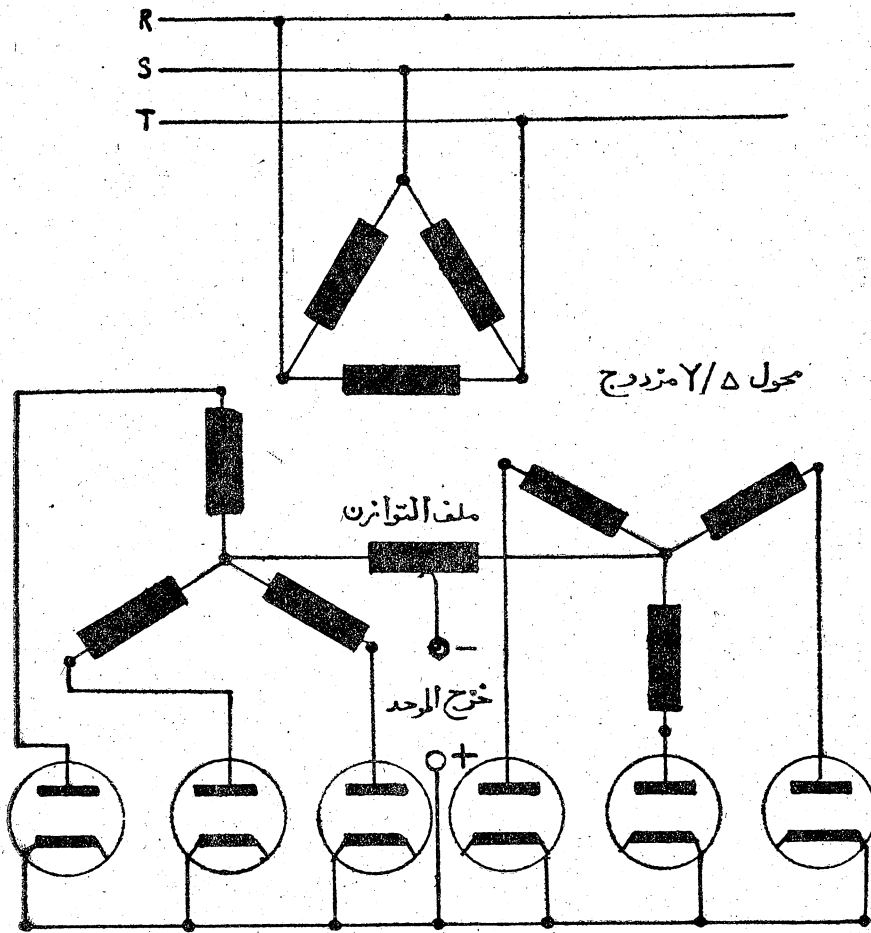
شكل ٢٢/٦ دائرة توصيل ثلاثة موحّدات حراريّة بـثلاثيّ تيار متغير ثلاثة أوجه مع استخدام محوّل دلتا / نجمة (  $Y/\Delta$  ).

### ٦١٥ الموحّدات الصلدة (الجافة) :-

#### مقدمة

سبق أن تكلمنا عن الموحّدات الميكانيكية (الموحّدات الدائرة) وتكلمنا بالتفصيل عن الموحّدات الزئبقية ثم الموحّدات الحرارية - ولكن توجد موحّدات تتكوّن من موادّها خاصيّة توحيد اتجاه التيار أو السماح بمرور التيار في اتجاه دون الاتجاه الآخر

المضاد له وهذه الوحدات لعبت دوراً كبيراً في صناعة الكهرباء والصناعات الإلكترونية المتطورة وحتى تكون لنا صورة مستكلمة عن هذه الوحدات يمكن تقسيمها إلى قسمين :-



شكل ٢٣/٦ دائرة موحد حراري باستخدام ستة موحدات ثنائية تشغل على يندوع تيار متغير ثلاثة أوجه متصلة بمحول ذلنا / نجمه مزدوج — وبه ملف توازن .

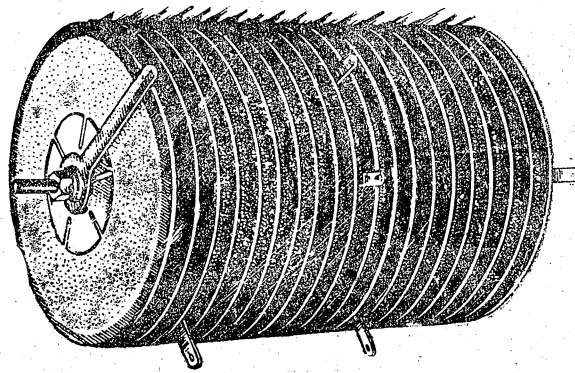
موحدات تشكون من مواد لها مقاومة عالية للكهرباء — وموحدات تصنع من أشباه الموصلات وتسمى موحدات أشباه الموصلات Semiconductor Rectifiers والنوع الثاني يسمى تجاوزاً باسم الموحدات المعدنية metal rectifier ويوجد منها نوعان هما :-

- ١ - موحد أكسيد النحاس Copper oxide rectifiers
- ٢ - موحد السيلينيوم Selenium Rectifiers والقسم الآخر من وحدات أشباه الموصلات منها نوعان هما :
- ٣ - موحد الجرمانيوم ويسمى ثنائى الجرمانيوم Germanium diode
- ٤ - موحد السليكون Silicon rectifier

والنوعين الآخرين اكتشفا عقب الحرب العالمية الثانية وكان لهما صدى كبير فى تطور صناعة الوحدات وكذلك فى تطور صناعة الالكترونيات ونتج عن ذلك صناعة الترانزستور الذى أحدث إنقلاباً هائلاً فى صناعة الأجهزة اللاسلكية والتركيبات الإلكترونية عموماً بسبب جودة أدائها وصغر حجمها علاوة على عمر التشغيل الكبير .

#### ١٥١٠٦ موحد أكسيد النحاس Copper-Oxide rectifier

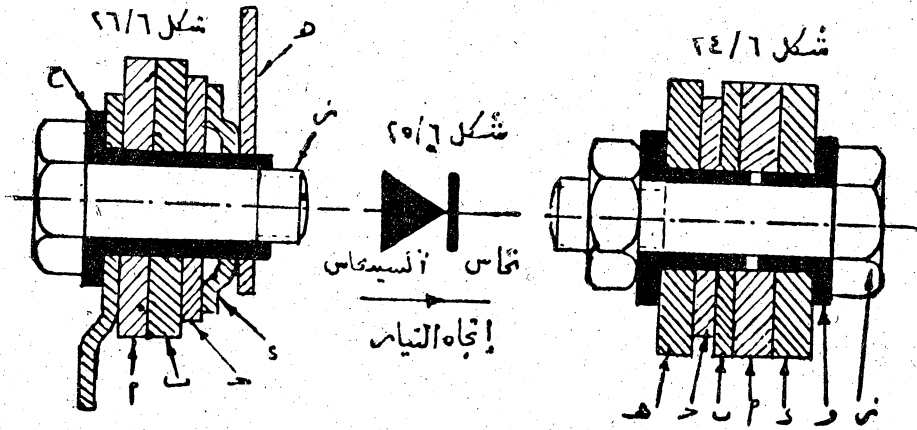
يتركب موحد أكسيد النحاس كما فى شكل ٢٤/٦ من أقراص من النحاس ا



شكل ٢٤/٦ الشكل العام لموحد معدنى نحاس وأكسيد نحاس

تُنطى بطبقة رقيقة من أكسيد النحاس ب ويتم ترسيب هذه الطبقة على النحاس بإحدى الطرق الصناعية إما برش المعدن وهو منصهر (أى أكسيد النحاس)

بمعدس كهربائي أو بطرق الترسيب الكهروكيميائية وهذان العنصران هما  
العنصران الرئيسيان في الموحد حيث أن القرص الجيد التوصيل للكهرباء وأما



شكل ٢٤/٦ قطاع لوح معدني نحاس وأكسيد نحاس

شكل ٢٥/٦ رمز للموحد المعدني

شكل ٢٦/٦ قطاع لوح معدني سيلينيوم

العنصر ب وهو أكسيد النحاس رديء التوصيل — ويتم توحيد التيار عند سطح  
تلامس أكسيد النحاس مع النحاس فعند مرور التيار من النحاس إلى أكسيد  
النحاس يعاني مقاومة عالية والعكس صحيح عند مرور التيار من أكسيد النحاس  
إلى النحاس — فإن التيار يعاني مقاومة صغيرة وشكل ٢٥/٦ يبين رمز الموحد  
المعدني حيث يوضح طرفي النحاس وأكسيد النحاس وإتجاه التيار أما حرفي ورده  
من النحاس والوردتين ه ، ك يصنعان من الرصاص ، وحامل عازل لعزل الورد  
السابقة عن السمار من حتى لا تتلامس عند الثقب مع السمار وتصبح في حالة  
قصر — ويمكن توصيل ضغط على طرفي الموحد بين ٦ — ٨ فولت وإذا زاد  
الضغط عن ذلك ترتفع درجة حرارة الموحد ويتلف ويفقد خاصيته للتوحيد وإذا  
أردنا توحيد ضغط أعلى توصل عدة وحدات مع بعضها بالتوالي أي يتكرر وضع  
ورد بحسب الترتيب السابق بجوار بعضها ويكون الضغط الكلي الذي يتحملة  
الموحد يساوي ضغط الوحدة الواحدة في عدد الوحدات وأقصى تيار يمكن أن  
يعر بسهولة في الموحد يتراوح بين ١,٥ إلى ١٥ أمبير لكل سم<sup>٢</sup> — ومعنى هذا

أن مساحة السطح للقرص هو الذى يحدد التيار المار فكما زادت مساحة سطح الأفراس كلما أمكن مرور تيار أكبر - ويمكن القول أنه عند الرغبة في الحصول على تيار أكبر موحد تتصل الوحدات مع بعضها بالتوازي فتتضاعف مساحة الأسطح وبالتالي يتضاعف التيار .

وبقدر عمر موحد أكسيد النحاس من ١٢ إلى ١٥ سنة وجودة التوحيد به تصل إن ٧٠٪ ويستخدم موحد أكسيد النحاس في أجهزة الاتصالات اللاسلكية وفي أجهزة إستقبال الراديو وفي أجهزة وحدات التغذية للينبوع العام وفي أجهزة القياس

#### ٢١٥ر٢ موحد السيلينيوم Selenium Rectifier :

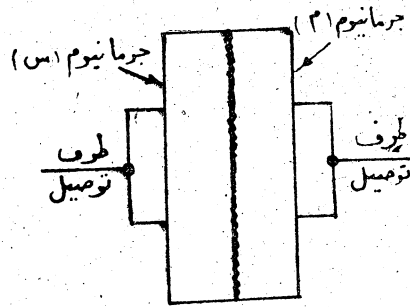
يعتبر موحد السيلينيوم أحسن من الموحد السابق حيث أنه يتحمل ضغط أعلى من وحدة أكسيد النحاس علاوة على صغر حجمه ورخص إنتاجه ويمكن للوحدة منه أن تتحمل ١٨ فولت وعند استعمال التبريد بالهواء يمكن للوحدة أن تتحمل ٣٦ فولت وقد أمكن صنع موحدات سيلينيوم لتوحيد تيار ٩٠ أمبير وعند إستخدام تهويه عالية يمكن أن تحصل على ٢٥٠ أمبير ويمكن كذلك مضاعفة التيار عند توصيل وحدات بالتوازي ويتكون موحد السيلينيوم كما في شكل ٢٦/٦ من لوح من معدن الصلب الفيكلى (أ) أو حديد النيكل - أو من الحديد المطلى بالنيكل) وينطى طبقة من السيلينيوم ويمكن وضع طبقة رقيقة من الزموت بين الحديد وطبقة السيلينيوم حتى تكون عامل توصيل جيد بين الحديد والسيلينيوم أما ح فعبارة عن موصل من القصدير والكادميوم وعبارة عن ضاغط ليضغط الطبقات معاً ليتم التلاصق بينهما ويكون على شكل يابى ضاغط والطرفان ه ، و أطراف توصيل من معدن جيد التوصيل وقابل للحام لتوصيل الموحد بالدائرة الخارجية وعبارة عن مسمار لتجمع حوله الورد السابقة ويوضع بينه وبين الورد السابقة للموحد جلبة عازلة ح لتفصل بين أجزاء الموحد ومسمار الرباط د وتعمل

الوردة الطرف الموصل وطبقة السيلينيوم ب تمثل الطبقة رديئة التوصيل وكما سبق القول يمر التيار من السيلينيوم إلى الحديد ويقدر التيار المار في هذا الموحد لكل سم<sup>٢</sup> ص ٢ و ٠ إلى ٣ و ٠ أمبير وجودة التوحيد في هذا النوع تصل إلى ٨٠٪ .

### ٣ : ٦١٥٣ : موحد الجرمانيوم : -

ويسمى الجرمانيوم بإسم أشباه الموصلات Semiconductor - وفي هذا الموحد وكذلك موحد السيليكون لا ترتفع درجة حرارة الموحد كما في الموحدات السابقة . ( الموحدات الحرارية ) علاوة على إمكان إستخدامها في الموحدات المتحركة وسهولة تكوينها وصغر حجمها علاوة على تحملها الصدمات والإهتزازات دون حدوث أى تلف لها وكذلك إرتفاع عمر التشغيل لها وجودة التوحيد في هذا النوع تصل إلى ٩٥ ٪ - وبجانب إستخدام الجرمانيوم في عملية التوحيد أمكن إستخدامه في عمليات التكبير وكذلك في عمل المذبذبات كما في أجهزة الترانسسستور ودوائر الراديو .

ويتكون ثنائى الجرمانيوم germanium diode كما في شكل ٦ / ٢٧ والمستخدم كموحد للتيار من شريحتين من الجرمانيوم احدهما تسمى جرمانيوم نوع س ( أى سالب ) والشريحة الأخرى تسمى جرمانيوم نوع م ( أى موجب ) - والنوع س عبارة عن جرمانيوم نقى قد أضيف إليه نسبة ضئيلة من الشوائب مثل الزرنيخ وهذه النسبة تعمل على زيادة معامل توصيل الجرمانيوم - أما النوع م ( أى جرمانيوم موجب ) فيضاف إلى الجرمانيوم بها مادة مثل الإنديوم أو الجاليوم ذات مكافئ ثلاثى تسبب نقص الإلكترون واحد في ذرة الجرمانيوم - والشكل ٢٧ / ٦ يبين موحد ثنائى الجرمانيوم يتكون من شريحتين من الجرمانيوم نوع س ، نوع م متلاصقان معاً لها خاصية توحيد التيار أى مروره في اتجاه واحد من الطرف س إلى الطرف م وليس العكس وثنائى الجرمانيوم مثل الموحد الحرارى الثنائى تماماً فالجرمانيوم س يسمى المهبط والجرمانيوم م يسمى مصدر كما في شكل ٦ / ٢٧ .

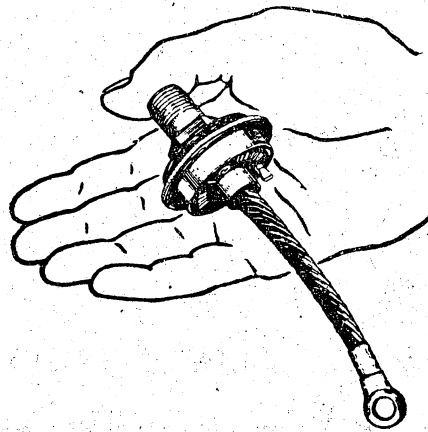


شكل ٢٧/٦ موحد ثنائي الجرمانيوم

ويوجد نوع آخر من موحدات الجرمانيوم بخلاف النوع السابق الالتصاق وفيه تستخدم بلورة من الجرمانيوم تمثل المهبط ويرتكز عليها سلك من التنجستن يمثل المصعد .

#### ١٥٤ ر ٦ : موحد السليكون : —

يعتبر السليكون ضمن أشباه الموصلات - وقد أمكن إستخدام السليكون في صناعة الموحدات وإستخدامها في قدرات عالية رغم إصغر حجمها كما هو في شكل ٢٨/٦ وإذا قورنت هذه الموحدات بالموحدات المعدنية مثل أكسيد النحاس



شكل ٢٨/٦ موحد سليكون قدرته ١٠ كيلوات - درجة حرارته عند التشغيل ٢٠٠° ستيجراد وجودته ٩٥٪

والسيلينيم نجد مدى الفرق الشاسع حيث أمكن عمل موحدات ذات حجم صغير وجودة عالية في التوحيد تصل إلى ٩٥ ٪ علاوة على إمكان الحصول على تيار على يصل إلى ٥٠٠ أمبير - ويمكن إستخدام نوعين من السليكون كما سبق القول في الجرمانيوم سليكون نوع س (سالب) أى به شوائب تعمل على زيادة معامل توصيله وسليكون نوع م (موجب) أى به فجوات ناتجة من ترك الألكترونات لها وبالتصاق شريحتين من النوعين السابقين نحصل على موحد ثنائى السليكون كما سبق شرحه في موحد الجرمانيوم .

#### ٦١٦ : دوائر توصيل الموحدات :-

عند توصيل الموحدات سواء كانت موحدات معدنية (أكسيد نحاس أو سيلينيم) أو موحدات أشباه الموصلات (موحدات جرمانيوم أو سليكون) تتبع طرق التوصيل الآتية :-

أولاً : موحدات تيار الوجه الواحد :

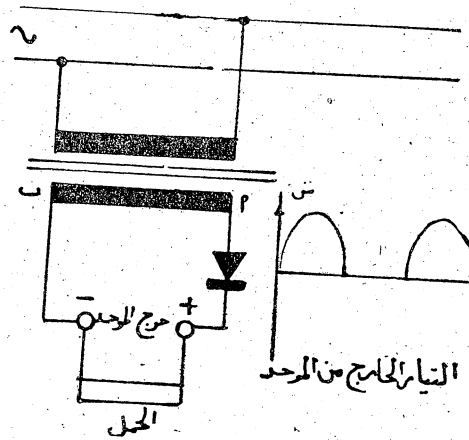
وتنقسم إلى ثلاثة أنواع :-

- ١ - موحد نصف موجة
- ٢ - موحد موجة كاملة
- ٣ - موحد موجة كاملة طريقة الكوبرى .

#### ٦١٦ أ : موحد نصف الموجة :-

يستخدم في هذه الدائرة محول وجه واحد يتصل مانه الابتدائى بالينبوع ويعطينا الملف الثانوى الضغط المراد توقيده ويتصل به الموحد بالتوالى مع الحمل ويمثل الطرف الثانى للمحول الطرف السالب لخروج الموحد كما هو واضح في شكل ٦ / ٢٩ فعندما يكون الطرف ا موجياً يمر تيار خلال الموحد على شكل نصف موجة وعندما يكون ب موجياً لا يمر تيار خلال الحمل وبذلك نحصل على أنصاف موجية موحدة - ولذلك يسمى هذا الموحد موحد نصف الموجة .

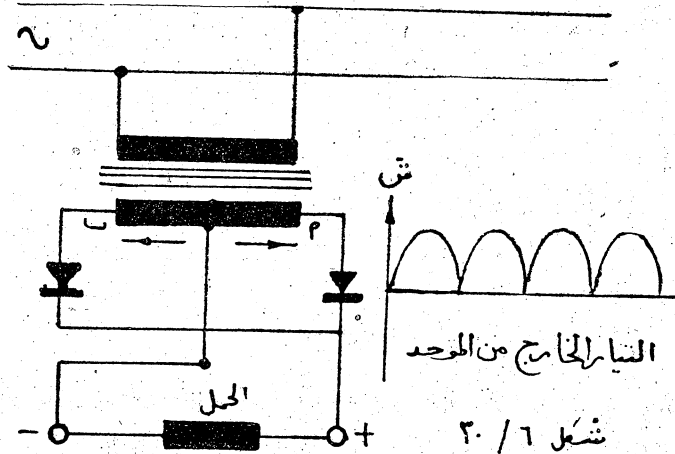




شكل ٢٩/٦ دائرة موحدة معدني نصف موجة

٢٦١٦٢ موحدة الموجة الكاملة :

كما هو واضح في شكل ٣٠/٦ أن الاختلاف الظاهر هو أن الملف الثانوي

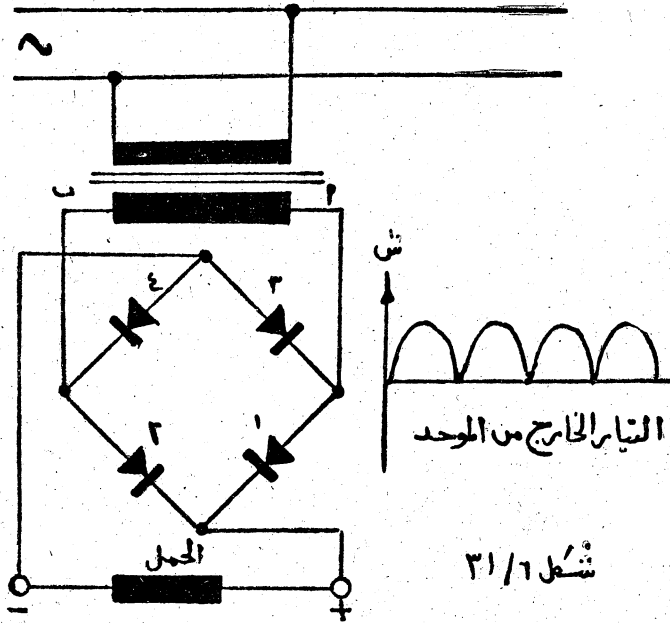


شكل ٣٠/٦ دائرة موحدة موجة كاملة باستخدام موحدة معدنية متصلة بنبوع تيار متغير وجه واحد .

المحول له ثلاث أطراف الابتداء ١ ، الانتهاء ٢ يتصل كل منهما بوحدة وبذلك يقوم الموحدة ١ بتوحيد نصف الموجة والموحدة ٢ بتوحيد النصف الآخر للموجة وبذلك نحصل على توحيد نصفى الموجة كما هو واضح في الشكل الجانبي .

## ٣١٦٣ : ٣ - موحد موجة كاملة طريقة الكوبرى :-

في هذه الطريقة يستخدم محول عادى له ملف ثانوى ذو طرفين فقط ولا داعى لاستخدام ملف ذو ثلاثة أطراف وتوصل الوحدات ١، ٢، ٣، ٤ بطريقة الكوبرى كما هو واضح في (شكل ٣١/٦) فعندما يكون طرف الممحول موجياً



شكل ٣١/٦ دائرة موحد موجة كاملة باستخدام طريقة الكوبرى تشتغل على بنوع تيار متغير وجه واحد .

يسرى التيار خلال الموحد ١ ولا يسرى خلال الموحد ٣ ثم إلى الطرف الموجب لخروج دائرة الموحد ومنه إلى الحمل ويعود من الطرف السالب ولا بد أن يمر خلال الموحد ٤ لتكمل دائرته إلى الطرف ب للمحول - وعند يكون ب موجياً يسرى تيار خلال الموحد ٢ ولا يسرى خلال ٤ وبذلك تظل نقطة الخرج المتصلة بالموحدين ٢، ١ موجبة خلال نصف الموجة - وبكمل التيار دائرته خلال الحمل ومنه إلى الطرف السالب لخروج دائرة الموحد ومنه إلى الموحد ٣ ليكمل دائرته إلى الطرف ا للمحول وبذلك نحصل على توحيد للموجة الكاملة ويلاحظ أن الموحدان ٢، ١ لخروج التيار - الموحدان ٤، ٣ لرجوع التيار إلى المحول .

تسكلمنا فيما سبق عن دوائر موحّدات تيار الوجه الواحد والآن نتكلم عن  
عن دوائر موحّدات ثلاثة أوجه -

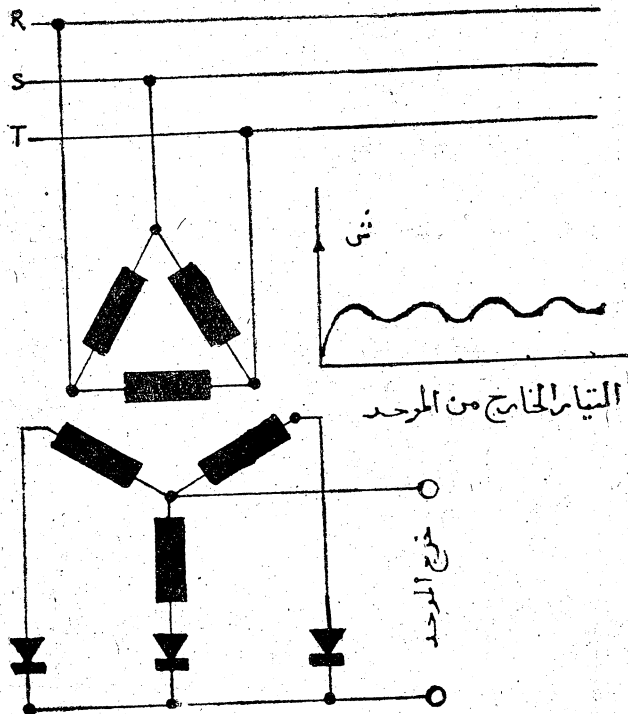
٦١٧ ثانيا : - دوائر موحّدات الثلاثة أوجه : -

وتنقسم إلى ثلاثة أنواع وهى : -

١ - دائرة موحّد  $\Delta / Y$  ذو ثلاثة موحّدات .

٢ - طريقة المحول ذو الستة ملفات الثانوية .

٣ - طريقة محول  $Y / \Delta$  ذو الستة موحّدات .



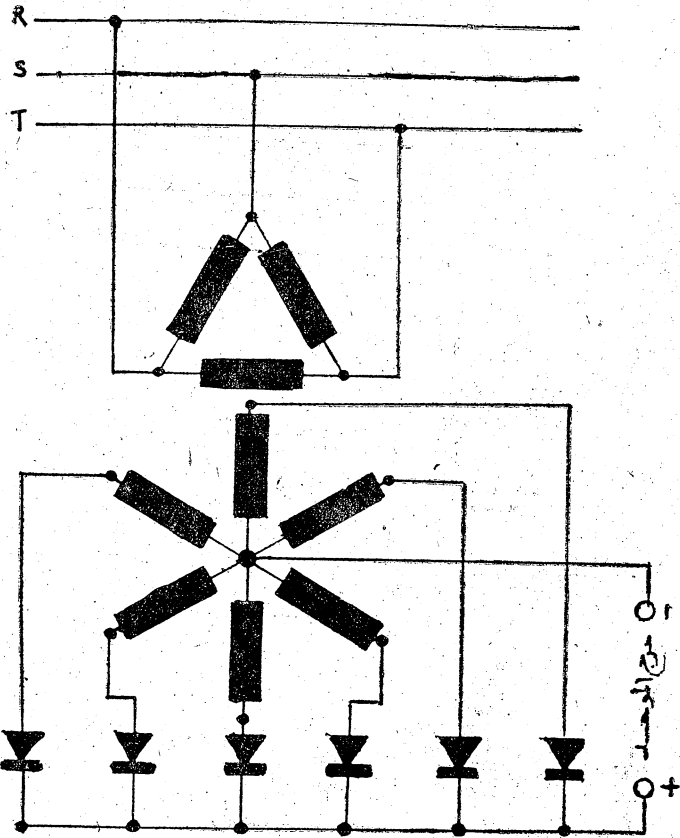
شكل ٣٧/٦ دائرة موحّد معدنى لتيار ثلاثة أوجه - مع استعمال محول دلنا / نجمة  
(  $Y / \Delta$  ) واستخدام ثلاثة موحّدات .

٦١٧ ا دوائر موحّد ذو محول  $Y / \Delta$  وثلاثة موحّدات : -

فى هذه الدائرة يستخدم محول  $Y / \Delta$  ويتمصل الملف الابتدائى  $\Delta$  إلى الينبوع أما

الملف الثانوى Y فيتصل بثلاثة موحّدات فى الاتجاه الموجب وخروج الموحّدات الثلاثة تتصل معاً وتمثل الطرف الموجب لخروج الدائرة ونقطة النجمة (نقطة الحياد) فتمثل الطرف السالب لخروج الموحّد كما هو واضح فى (شكل ٣٢/٦).

والرسم الجانبي يوضح شكل التيار الخارج من الموحّد وهو عبارة عن قم منحنيات التيار للثلاثة أوجه ومن هذا الرسم يظهر أهمية وإمّتياز الموحّدات ذات الثلاثة أوجه المقارنة مع التيار الذى يحصل عليه من موحّدات الوجه الواحد.



شكل ٣٣/٦ دائرة موحّد معدنى مع استخدام ستة موحّدات تفتغل على بثبوع تيار متغير ثلاثة أوجه .

٦١٧ر٢ دائرة موحّد بمحول ذو ستة ملفات وستة موحّدات :-

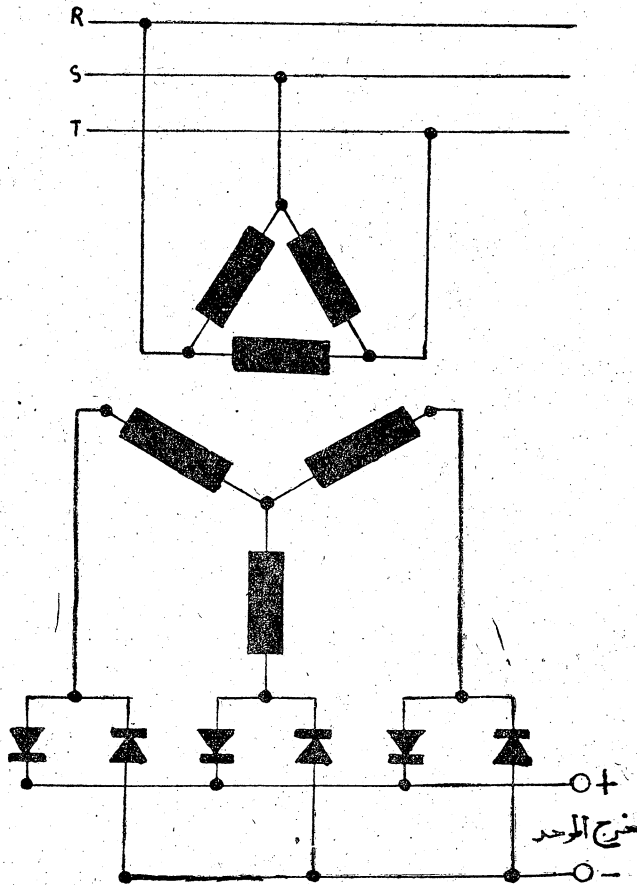
فى هذه الدائرة يستخدم محول به الدائرة الثانوية ذات ستة ملفات متصلة

بسته موحّدات وبذلك يمكن تحسين منحنى التيار المستمر وجعله أكثر إستقامة عن المنحنى السابق الذى نحصل عليه من الدائرة (شكل ٣٢/٦) وجعله أقرب إلى الخط المستقيم .

والشكل ( ٣٣/٦ ) يبين دائرة موحد ذو ستة أوجه وستة موحّدات .

٣١٧٣ دائرة موحد بمحول  $Y/\Delta$  وستة موحّدات : -

الملف الثانوى للمحول ذو ثلاثة أوجه ويتصل كل ملف بموحدين أحدهما للخروج والآخر لرجوع التيار كما فى ( شكل ٣٤/٦ ) .



شكل ٣٤/٦ دائرة موحد معدنى مع إستخدام ستة موحّدات تتصل بمحول دلتا/ نجمة

(  $Y/\Delta$  ) .

## أسئلة مختارة عن الباب السادس

معدات تحويل التيار المتغير

- س ١ : فيم تستخدم الموحدات أذ كر عدة أغراض .
- س ٢ : أذ كر بإختصار الأنواع المختلفة لطرق توحيد التيار .
- س ٣ : أذ كر الفرق بين الموحدات الساكنة والمبدلات مع ذكر إمتيازات النوع الأول .
- س ٤ : أذ كر تركيب أنبوبة الموحد الزيتي ذات المصعدين - مع ذكر نظرية تشغيله .
- س ٥ : ما الفرق بين الموحد الزيتي نصف الوجه والموحد الزيتي للموجه الكاملة .
- س ٦ : أذ كر مع الرسم دائرة الموحد الزيتي ذو المصعدين وفائدة المستودع الثاني للزئبق مع شرح نظرية تشغيله .
- س ٧ : إشرح مع الرسم الموحد الزيتي بعد التحسين مع شرح نظرية التشغيل .
- س ٨ : ما الفرق بين الموحد الزيتي ذو الثلاثة مصاعد وذو الستة مصاعد مع شرح دائرة كل منهم .
- س ٩ : أذ كر طرق التبريد في الموحدات الزيتية ومميزات وخواص كل طريقة .
- س ١٠ : أذ كر مميزات الموحدات الزيتية ذات المستودع المعدني مع رسم قطاع لها .
- س ١١ : إشرح مع الرسم طريقتين مختلفتين لتوصيل موحد زئبق ذو ستة مصاعد .
- س ١٢ : إشرح مع الرسم طريقة توصيل موحد زئبق ذو ستة مصاعد متصل بحول  $Y/Y$  ذو ملف التوازن .
- س ١٣ : كيف أمكن تنظيم الضغط الخارج من الموحد الزيتي أتوماتيكياً مع شرح عمل الدائرة المستخدمة لذلك .

س ١٥ : أذكر نوعى المهبط فى الموحدات الحرارية مع ذكر الفرق بينهما ونظام إنشائهما .

س ١٦ : اشرح مع الرسم دائرتان لموحد نصف موجه تسخين مباشر وآخر تسخين غير مباشر . مع ذكر نظرية تشغيل كل منهما .

س ١٧ : ما الفرق بين موحد نصف الموجه والموحد ذو الوجه الكاملة للموحد الحرارى مع شرح دائرة موحد الوجه الكاملة الحرارى .

س ١٨ : اشرح مع الرسم دائرة موحد حرارى بمحول  $\Delta / Y$  ذو ملف توازن .

س ١٩ : أذكر أنواع الموحدات الجافة المعدنية وذات أشباه الموصلات — مع ذكر النظرية الأساسية لعملية التوحيد بهم .

س ٢٠ : اشرح مع الرسم تركيب كل موحد أكسيد النحاس وموحد السيليكون ومميزات الأخير عن الأول .

س ٢١ : اشرح مع الرسم موحد الجرمانيوم ونظرية تشغيله .

س ٢٢ : اشرح مع الرسم مميزات الموحد السليكونى مع المقارنة بينه وبين الموحد ذو أكسيد النحاس — من حيث قدرة التشغيل والجودة والحجم .

س ٢٣ : اشرح مع الرسم دائرة موحد معدنى ذو موجه وموحد معدنى ذو موجه كاملة مع ذكر الفرق بينهما فى المميزات .

س ٢٤ : اشرح مع الرسم دائرة موحد موجه كاملة طريقة الكوبرى وشرح نظرية التشغيل .

س ٢٥ : أذكر مع الرسم طريقتان لدائرتى موحد ثلاثة أوجه يستخدم فى أحدهما ثلاثة موحدات معدنية وفى الأخرى ستة موحدات . مع ذكر الفروق بين الدائرتين فى الخواص والتوصيل .

## الباب السابع

### الكشف عن أعطال آلات التيار المتغير

٧٠٠ أولاً : - أعطال المحركات وأسبابها وطرق علاجها :

٧١٠ المحركات الاستنتاجية ذات الوجه الواحد :

لكشف العيب في محركات الوجه المشطور يجب إختبار ملفات التشغيل وملفات التقويم لتحديد الأعطال الآتية : -

١ - قصر الملفات والأرضى ( جسم المحرك ) .

٢ - دائرة مفتوحة .

٣ - قصر بين الملفات وبعضها .

٤ - توصيلات معكوسة .

٧١١ قصر بين الملفات والأرضى : -

١ - يمكن حدوثه بسبب تلامس المسامير التى تربط النطاء الجانبى فى الإطار الملفات .

٢ - تلامس الملفات مع الرقائق الحديد عند أركان المجارى .

٣ - تلامس مفتاح الطرد المركزى مع النطاء الجانبى .

ولمعرفة ما إذا كانت الملفات مماسة مع الأرض يمكن إستعمال مصباح إختبار أو جهاز أوميتر .

٧١٢ دائرة مفتوحة لأحد الملفات :

يكون ذلك نتيجة قطع فى الملفات أو أحد أطراف الملفات مقطوع أو وصلة مفكوكة أو لحام ردىء فى أحد الأطراف .



ويمكن أن يكون ذلك في ملفات التشغيل أو ملفات التقويم — ويمكن معرفة مكان القطع تتبع القياس بين طرفي كل ملف على حدة حتى تصل إلى الملف الذي به القطع حيث لا يضيء المصباح — أو عدم قراءة جهاز القياس — وقد يكون القطع في ملفات التقويم أو مفتاح الطرد المركزي — وذلك لأن أجزائه تتآكل بمرور الوقت — ويمكن اختبار مفتاح الطرد المركزي على حدة — مع التأكد من اتصال أطرافه عند سكون الجهاز على أن يتم الانفصال بين أطرافه عند دوران المفتاح إلى سرعة المحرك العادية (أو ثلثي سرعتها) .

### ٣١٧ قصر بين الملفات وبعضها :-

يحدث قصر بين الملفات عند إعادة لفها نتيجة الضغط الشديد عليها وذلك عند إدخالها الجارى — وفي أحوال أخرى يحدث القصر نتيجة ارتفاع درجة حرارة الملفات بسبب زيادة الحمل على المحرك — وللمعرفة موضع القصر في المحرك تتبع الطرق الآتية :

(١) وصل المحرك بالينبوع لفترة قصيرة ثم ابحث عن الملف الذى ارتفع درجة حرارته أكثر من الملفات الأخرى ويمكن تحسس الأقطاب باليد .

(ب) يستعمل الزوام مع تحرك وضعه في ترتيب دورى منتظم حتى يستدل على وجود قصر في أحد الملفات أو بعضها — وعند حدوث إهتزازات سريعة على قطعة معدنية أو سلاح منشار على الجانب الآخر من الملف .

(ح) باستخدام تجربة سقوط الجهد تؤخذ قراءات الجهد بين طرفي كل قطب على حدة وذلك بعد توصيل المحرك بينبوع تيار مستمر منخفض (١٢ فولت مثلاً) . والقطب الذى يكون الجهد على طرفيه أقل يكون

القطب الذى به القصر .

(د) باستخدام أمبير متر يتصل مع ملفات الأقطاب وذلك إذا أمكن تشغيل المحرك بدون حمل مع ملاحظة إمكان استخدام أمبير متر ذو

فكفي وفي هذه الحالة لا داعي لفك أطراف الملفات وذلك بوضع قابض الجهاز حول طرف السلك المراد قياس التيار الذي يمر به - فإذا كانت القراءة أكبر من التيار الذي على لوحة البيان للمحرك كان هذا دليلاً على وجود قصر .

#### ٧٢١ توصيلات معكوسة :

ينتج العكس في التوصيلات نتيجة خطأ في توصيل أطراف الملفات أو مجاميعها ويتم ذلك إختلاف في القطبية وخير وسيلة لاكتشاف هذا العيب يكون بالكشف على نوع الأقطاب وذلك باستعمال البوصلة المغناطيسية - وذلك بوضع العضو الثابت في وضع أفقي وتوصيل ملفاته بجهد منخفض مستمر وتتحرك البوصلة من قطب إلى آخر ببطء - فينعكس وضع البوصلة عند كل قطب وذلك عندما يكون التوصيل صحيحاً - أما إذا كانت القطبية متشابهة لقطبين متجاورين - فإن معنى هذا وجود أطراف معكوسة - تسبب عكس القطبية .

وتشارك جميع المحركات في هذه الأربعة أسباب الرئيسية الآتية التي تسبب الأعطال المختلفة في المحركات - ويمكن تقسيم هذه الأعطال إلى أربعة أقسام على الوجه الآتي :-

- ١ - المحرك عاجز عن الحركة .
- ٢ - المحرك يدور بسرعة أقل من السرعة العادية .
- ٣ - إرتفاع درجة حرارة المحرك وهو دائر .
- ٤ - حدوث ضوضاء عند دوران المحرك .

#### ٧٢٢ ثانياً : المحرك عاجز عن الحركة :

إذا وصل المحرك إلى الشبكة وكان الضنط مضبوط ولم يدور المحرك فإن ذلك يرجع إلى الأسباب الآتية :-

- ١ - ملفات التشغيل مفتوحة .
- ٢ - ملفات التقويم ( ملفات البدء ) مفتوحة .
- ٣ - حدوث قصر بين الملفات والأرضي .
- ٤ - إحتراق الملفات أو بعضها .
- ٥ - تآكل كراسي المحاور .
- ٦ - شحط عمود الإدارة في كراسي المحاور بسبب وجود اعوجاج في عمود الإدارة أو عدم إنتظام إستدارة كراسي المحاور .
- ٧ - الغطاءين الجانبيين مثبتان بطريقة غير سليمة .

٧٢٢٣ ثالثاً : المحرك يدور بسرعة أقل من السرعة العادية :-

وذلك بسبب عيب أو أكثر من الأسباب الآتية :-

- ١ - قصر في ملفات التشغيل .
- ٢ - عدم إتصال ملفات التقويم عن اليبوع .
- ٣ - أقطاب ملفات التشغيل معكوسة .
- ٤ - الملفات متصلة أطرافها بطريقة خاطئة .
- ٥ - كراسي المحاور متآكلة .
- ٦ - تفكك بعض قضبان العضو الدائر .

٧٢٢٣ ثالثاً : إرتفاع درجة حرارة المحرك وهو دأر . -

يكون المحرك ساخناً زيادة عن الحد المناسب بعد تشغيله وقتاً قصيراً وذلك للأسباب الآتية . -

- ١ - وجود قصر في الملفات .

- ٢ - قصر بين الملفات والأرض .  
 ٣ - قصر بين ملفات التشغيل وملفات التقويم .  
 ٤ - تآكل بكرامى المحور .  
 ٥ - زيادة فى الحمل .  
 ٤٢٢٧ رابعا : حدوث ضوضاء عند دوران المحرك : -

- ١ - الملفات مقصورة .  
 ٢ - توصيل خاطئ بين أطراف الأقطاب  
 ٣ - قضبان غير ثابتة فى العضو الدائر .  
 ٤ - تآكل فى كراسى المحور  
 ٥ - مفتاح القوة المركزية الطاردة به خلل أو تآكل .  
 ٦ - زيادة كبيرة فى التفاوت للطول المحورى للعمود  
 ٧ - مواد غريبة فى المحرك .

تتبع الخطوات السابقة فى المحركات الإستنتاجية ذات المكثف مع الكشف على المحرك والتأكد من سلامة من حيث جودة عزله وثبات سعته - ويمكن التحقق من ذلك بتوصيل المكثف بالمتنوع ( تيار متغير ١١٠ فولت ) وتوصيل جهاز أمبير متر ١٠ أمبير - وعندما يكون تردد التيار ٥٠ ذبذبه / ثانية ،

$$\therefore \text{سعة المكثف بالميكروفاراد} = \frac{\text{قراءة الأمبير متر}}{\text{الضغط بالفولت}} \times ٢٦٥٠ \text{ ويجب}$$

الانقل سعة المكثف عن ٢٠ ٪ من السعة المدونة عليه .

### ٧٣ الكشف عن الأعطال فى الحركة التنافرية

تفحص أعطال المحركات التنافرية فى الأعطال الآتية : -

٧٣١ أولاً . - عجز المحرك عن الحركة عند البدء . -

ويكون هذا العيب للأسباب الآتية .

- ( أ ) إحتراق المصهرات .
- ( ب ) تآكل الكراسي .
- ( ح ) التصاق الفرش بالحامل .
- ( د ) تآكل الفرش .
- ( هـ ) فتح في دائرة العضو الثابت أو المنتج
- ( و ) خطأ في وضع حامل الفرش .
- ( ز ) قصور في دائرة المنتج .
- ( ح ) قذارة الموحة .
- ( ط ) خطأ في توصيل الأطراف .
- ( ي ) العقد يعمل قصر على المنتج .

٧٣٢ ثانياً . - عدم دوران المحرك بالسرعة العادية . -

ويكون هذا العيب للأسباب الآتية . -

- ( أ ) تآكل كراسي المحور .
- ( ب ) إتساخ العقد أو الموحد .
- ( حـ ) موضع الفرش فوق الموحد ليس في وضعه المناسب .
- ( د ) جهاز الطرد المركزي مركب بطريقة غير صحيحة .
- ( هـ ) خطأ في حامل الفرش .
- ( و ) جهاز القصر متآكل أو مكسور أو مركب خطأ .
- ( ز ) أثقال الإتزان غير حرة الحركة

( ع ) قصر في دائرة المنتج .

( ط ) زيادة في الحمل .

( ي ) قصر في دائرة العضو الثابت .

( ل ) تآكل في حامل الفرش .

٧٣٣ ثانياً : - ارتفاع حرارة المحرك . -

ويكون هذا العيب للأسباب الآتية . -

( أ ) زيادة ضغط التشغيل عن الضغط المقرر .

( ب ) قصر في دائرة العضو الثابت .

( ح ) زيادة الحمل .

( د ) تآكل كراسي المحور .

( هـ ) كسر أو إحتراق العقد .

( ز ) خطأ في تركيب حامل الفرش .

٧٣٤ رابعاً : حدوث ضوضاء عند دوران المحرك . -

ويحدث هذا العيب للأسباب الآتية : -

( أ ) تآكل في كراسي المحور أو عمود الإدارة .

( ب ) جهاز الطرد المركزي غير مثبت جيداً .

( ح ) أحد ملفات العضو الثابت به قصر .

( د ) حركة محورية زائدة بسبب زيادة الخلوص في الطول المحوري ( رجه

في عمود الإدارة .

( هـ ) وجود مواد غريبة في جهاز العقد .

٧٣ر٥ خامساً : - إنصهار المصهرات عند توصيل المحرك بالينبوع . -

يحدث هذا العيب للأسباب الآتية : -

- ( أ ) قصر بين ملفات الأقطاب والأرض .
- ( ب ) توصيلات لمجاميع الملفات غير صحيحة .
- ( ج ) عدم تلامس الفرش .
- ( د ) قصر في المنتج .
- ( هـ ) موضع الفرش غير صحيح .
- ( و ) تجعد في كراسى المحور وعدم سهولة دوران العضو الدائر .

٧٣ر٦ سادساً : - حدوث طفنين مع عدم دوران المحرك : -

يحدث هذا العيب للأسباب الآتية . -

- ( أ ) خطأ في توصيلات الأطراف .
- ( ب ) تأكل الكراسى .
- ( ج ) موضع الفرش غير صحيح .
- ( د ) قصر في دائرة المنتج .
- ( هـ ) قصر في ملفات العضو الثابت .
- ( و ) تماس بين العضو الثابت والأرض .
- ( ز ) عدم إرتكاز الفرش مع عضو التوحيد .
- ( ح ) عدم نظافة عضو التوحيد .

٧٣ر٧ سابعاً : - المحرك يدور بسرعة أقل من العادية . -

يحدث هذا العيب للأسباب الآتية : -

- ( أ ) خطأ في قوة ضغط الياى على الفرش

- ( ب ) إتشاخ أو إحتراق العقد .
- ( ح ) عدم نظافة عضو التوحيد .
- ( د ) قصر في دائرة المنتج .
- ( هـ ) قصر في أحد ملفات العضو الثابت أو أكثر .
- ( و ) تآكل الكراسى .

ثامنا : - حدوث شرر بداخل المحرك . -

يحدث هذا العيب للأسباب الآتية . -

- ( ١ ) دائرة ملفات المنتج مفتوحة .
- ( ب ) الموحد غير نظيف
- ( ح ) عدم إرتكاز الفرش على عضو التوحيد بسبب عيب في الياى الضاغطة أو بسبب نقص طولها .

#### ٧٤ الكشف عن الأعطال في محركات التيار المتغير

ثلاثة أوجه

٧٤ر١ أولاً : - المحرك لا يدور رغم توصله بالتيار . -

يحدث هذا العيب للأسباب الآتية . -

- ( ١ ) حدوث قطع في أسلاك توصيل المحرك بالينبوع .
- ( ب ) حرق أحد المصهرات .
- ( ح ) قطع في ملفات العضو الدائر أو ملفات العضو الثابت .
- العلاج .

( ١ ) فحص المصهرات .



- ( ب ) الضغط على لوحة نهايات المحرك .  
 ( ح ) فحص المفتاح العمومي .  
 ( د ) تثبيت الفرش جيداً في وضعها .  
 ( هـ ) اختبار الموصلات بين بادىء الحركة ولوحة النهايات .

٢٧٤٢ ر٧ : ثانياً : المحرك يبتدىء في الحركة باندفاع

عند توصيل بادىء الحركة جزئياً للأسباب الآتية : -

- ( أ ) قطع ملفات مقاومة بدء الحركة  
 ( ب ) يلحم بادىء الحركة عند مكان القطع أو تمييزه .

٣٧٤٣ ر٧ : ثالثاً : - المحرك يدور بصعوبة للأسباب الآتية . -

- ( أ ) وجود قطع في أحد أوجه العضو الدائر  
 ( ب ) قصر بين أحد الملفات أو مجموعة منها  
 ( ح ) مجموعة ملفات معكوسة  
 ( د ) تأكل الكراسي  
 ( هـ ) زيادة الحمل  
 ( و ) وجه معكوس  
 ( ز ) تفكك قضبان العضو الدائر  
 ( ح ) إحتكاك العضو الدائر بالعضو الثابت .

٤٧٤٣ ر٧ : رابعاً . - إحتراق المصهر . -

عند توصيل المحرك بالينبوع يحترق المصهر للأسباب الآتية : -

- (١) قصر بين الأسلاك المتصلة بالمفتاح والعضو الثابت  
 (ب) قصر بين أسلاك بادئ الحركة والأسلاك المتصلة بحامل الفرش  
 (ج) قصر بين وجهين من ملفات العضو الثابت  
 (د) قصر بين حلقات الإنزلاق أو ملفات العضو الدائر .

### الملاح :

- (أ) إفصل الأسلاك الحاملة للتيار إلى المحرك واختبر قوة عزلها .  
 (ب) إفصل جهاز بدء الحركة عن المحرك .  
 (ج) ضع قطعة من الورق تحت الفرش الموجودة على حلقات الإنزلاق  
 (هـ) إفصل الأسلاك المتصلة بالأوجه الثلاثة وفي كل وجه على حدة  
 والاتصال بينه وبين الأرض .

### ٧٤٥ خامساً : - إذا سخن المحرك بصورة زائدة فيكون العيب . -

- (أ) زيادة الحمل عن الحد المقرر  
 (ب) تأكل كراسي المحور أو حدوث شحط في العمود  
 (ج) ملف مقصور أو مجموعة ملفات مقصورة  
 (د) المحرك يشتغل بوجه واحد .  
 (هـ) تفكك قضبان العضو الدائر .

### ٧٤٦ سادساً : - ارتفاع درجة حرارة كراسي المحور : -

يكون ذلك العيب بسبب الضغط الشديد الواقع على طنبور المحرك من السير  
 أو بسبب عدم تثبيت المحرك في قاعدته في الوضع الصحيح أو بسبب عدم إستقامة  
 الوصلة التي تربط بين المحرك والآلة - أو التزيت غير كافي .

العلاج :-

- ( أ ) التقليل من مقدار شد السير  
 ( ب ) يجب إدارة المحرك بدون حمل مع ملاحظة إنخفاض درجة الحرارة  
 وإذا لم تنخفض يجب حل المسامير التي تربط المحرك بقاعدته وتريح المحرك في  
 الوضع المناسب .

- ( ح ) ضبط وصلة المحرك مع الآلة  
 ( د ) التأكد من وفرة الزيت والتشحيم .

٧٤٧ ر ٧ سابعاً . - حدوث زن بالمحرك علاوة على زيادة تيار المحرك :-

- ينتج هذا العيب من الأسباب الآتية :-  
 ( أ ) حدوث قصر في ملفات أحد الأوجه .  
 ( ب ) حدوث قطع في أحد ملفات العضو الثابت .

العلاج :-

- إختبر ملفات كل وجه وملاحظة حرارة ملفات كل وجه والملفات التي بها  
 قصر ترتفع درجة حرارتها ويجب عند ذلك تمييز هذه الملفات وإزالة القصر إن أمكن  
 ثامناً . - المحرك يدور في عكس الحركة المطلوبة :-

- وسبب ذلك هو عكس أطراف الثلاثة أوجه ولعلاج ذلك تعكس أطراف  
 أحد الأوجه الثلاثة مع أطراف وجه آخر .

## ٧٠ أعطال مولدات التيار المتغير

أسبابها وطرق علاجها

٧٠٥، ١ أولاً : - المولد لا يعطى ضغطاً . -

١ - فولتметр وأمبيرمتر المغذى لا يسجل قراءة : - السبب عيب في دائرة المغذى للأسباب الآتية : -

( أ ) دائرة مقطوعة في أسلاك توصيل المغذى مع المولد

( ب ) إتصال ردىء في سطح التماس بين الفرش والموزع

( ج ) ضياع المغناطيسية الباقية للمغذى وهذا العيب يحدث غالباً عند إعادة لف المولد أو إصلاحه .

٢ - المولد لا يعطى ضغطاً علماً بأنه يدور بسرعه العاديه - وفولتметр وأمبيرمتر المغذى يسجلان قراءتها العاديه .

( أ ) عندما يكون المغذى في حالة طبيعية والمغناطيسية الباقية موجودة فيجب أن يعطى المولد ضغطاً غير أن جهاز الفولتметр يكون به عيب أو دائرته غير متصلة  
( ب ) وفي حالة مولد ثلاثة أوجه فقد تسكون دائرة أحد الأوجه مقطوعة ونبحث عن مكان العطل ونصلحه .

٣ - يدور المولد بينما الفولتметр لا يسجل قراءة وفولتметр المغذى يسجل قراءة وكذلك الأمبير متر للمغذى لا يسجل قراءة مع وجود حمل على المولد .

( أ ) في هذه الحالة تسكون دائرة تغذية المولد مفتوحة بسبب عدم تلامس الحلقات جيداً

( ب ) إذا لم يقرأ فولتметр المولد الرئيسى بعد ذلك يجب أن يوقف المولد ونكشف على دوائر التغذية فقد يكون أحد أسلاكها مقطوعاً .

٤ - يدور المولد بسرعه العاديه ولا يسجل الفولتمتر قراءة مع العلم بأن فولتمتر وأمبير متر المغذى يسجلان قراءتهما الطبيعیه .

(أ) قد تكون دائرة المولد الخارجيه بها قصر وتنفقج القواطع الأنوماتيكية

(ب) قد لا يبين جهاز الأمبير متر شيئاً - وهذا يعنى برداءة توصيل أحد أوجه التيار بينما الإمبير مترات فى الأوجه الأخرى تسجل قراءة .

٢٥٧ ثانياً . - المولد يعطى ضغطاً أقل من المطلوب . -

١ - التأكد من سرعة المولد بجهاز مقياس السرعة فقد تكون السرعة أقل من السرعة العاديه .

٢ - بعض أقطاب العضو الدائر قد يكون إنعكس توصيلها أثناء إجراء التجارب ولعلاج هذه الظاهرة يوقف المولد وتغذى أقطابه من بطارية خارجيه وتقرّب إبره مغناطيسية من كل قطب واحد بعد الآخر لمعرفة عدم تماثل الأقطاب شمالى فجنوبى فشمالى وهكذا .

٣ - بعض الأقطاب قد يكون بها قصر فى ملفاتها - ولكشف هذه الظاهرة يوقف المولد وتغذى أقطابه من بطارية خارجيه ويقاس الضغط على طرفى كل قطب بواسطة جهاز مللى فولت والقطب الذى لا يقرأ به الجهاز أو يقرأ أقل هو القطب الذى به قصر .

٤ - فى حالة سلامة الأقطاب وكذلك التوصيلات المتصلة بها فإن العيب ينحصر فى العضو الثابت ويكون ذلك بسبب وجود قصر فى بعض ملفاته - ولمعرفة هذه الملفات يدار المولد لمدة ١٠ أو نصف ساعة - ثم يوقف المولد فنجد أن الملفات التى بها قصر يصعد منها دخان ورائحة مواد محترقة - وترتفع درجة حرارتها عن باقى الملفات - وفى هذه الحالة يجب إستبدال هذه الملفات بأخرى سليمة

٥ - قد تكون دائرة العضو الدائر والعضو الثابت سليمة ولكن توجد

مقاومة كبيرة في دائرة التغذية المولد بسبب وجود صدأ بين نقط الإتصال أو الصواميل مفكوكة التي لنهايات التوصيل فيترتب على ذلك إنخفاض ضغط المولد .

٦ - قد تكون القدرة المستفادة من المولد أقل بكثير من القدرة الواجب أخذها منه وذلك بسبب إنخفاض معامل القدرة - لذلك يجب توصيل بعض المكثفات في دائرة الخرج أو إستخدام محرك توافقي لتحسين معامل القدرة .

٣٥٧ ثانياً : - المولد يعطى ضغطاً أعلى من المطلوب : -

١ - إذا كانت السرعة عند الحد العادي فإن هذا يعني أن بعض ملفات العضو الثابت قد وصلت بالتوالي مع بعضها بينما يجب توصيلها بالتوازي - وهذا خطأ يكون قد حدث بعد عملية تصليح قد أجريت في المولد .

في مولدات الثلاثة أوجه يكون المولد موصل خطأ على شكل نجمة Y بينما الصحيح هو توصيلة على شكل دلتا  $\Delta$  وفيما عدا السبيين السابقين فلا توجد هذه الظاهرة .

٤٥٧ رابعاً : - عدم ثبات ضغط المولد مع ثبات سرعته والحمل عليه : -

١ - تنتج هذه الظاهرة بسبب عدم ثبات ضغط المغذى - ولذلك يجب توصيل مقاومه متغيرة بالتوالي مع المولد المغذى وبواسطتها يمكن التحكم في اثبات ضغط المولد .

٢ - إهتزاز فرش مولد التغذية أو فرش تغذية العضو الدائر المركزة على حلقات الإنزلاق .

٣ - حدوث خطأ في نظم الحركة للآلة المديرة مما يسبب تغير في سرعة الآلة وبالتالي في المولد .

٥٥٧ خامساً : - المولد يقسم الحمل بالتساوي مع المولدات الأخرى -

يجب أن تكون مولدات التيار المتغير التي تتصل مع بعضها بالتوازي لتتقاسم

الحمل من نوع واحد في تصميمها حتى إذا زاد الحمل فجأة عليها فإنها تقسم الحمل بينها بالتساوي - وإذا كان غير ذلك فإن بعضها يأخذ الحمل الزائد دون المولدات الأخرى فيزبد الحمل عليها وتنفتح المفاتيح الرئيسية الأوتوماتيكية - ويتحول الحمل على الوحدات الأخرى الباقية ونحصل على نفس النتيجة وتنفتح المفاتيح الأتوماتيكية لها أيضا وتعطل المحطة - وسبب اختلاف توزيع الحمل فيما عدا ذلك يكون ناتجاً من إختلال في منظمات الآلات الميكانيكية . لذلك يجب ضبط منحنيات الماكينات المديرة لتتطبق على بعضها.

٧٥ر٦ سادساً : - إرتفاع درجة حرارة المولد -

- ١ - ينشأ هذا العيب بسبب زيادة الحمل على المولد
- ٢ - حدوث قصر في ملفات التنبيه أو ملفات المنتج .
- ٣ - حدوث قطع في دوائر المولد .
- ٤ - حدوث تيارات إعصارية .
- ٥ - رطوبة في الملفات .
- ٦ - إحتكاك بين العضو الدارو الثابت بسبب عدم ضبط الثمرة الهوائية بسبب تلف في كراس المحاور
- ٧ - إنقطاع زيت التزييت أو نقص كمية التزييت .

٧٦ر٦ ثالثاً : أعطال المحولات الكهربائية

أسبابها وطرق علاجها

يجب تحديد نوع العطل الذي يصيب المحول من حيث الإصابة في المحول نفسه أو إصابة غير مباشرة بسبب الشبكة الكهربائية وإرتفاع الحمل وهذه الحالة الأخيرة تؤثر على المحول بطريق غير مباشر ولذلك يجب الكشف على أجهزة

الوقاية المتصلة بالأسلاك الهوائية (الخط الكهربائي) مثل أجهزة مانعة الصواعق والتيارات الخطرة وبعد التأكد من سلامتها يجب التأكد من الأخطار الآتية -

١ - زيادة الحمل عن الحد المقتن للمحول.

٢ - حدوث قصر في الدائرة الخارجية بين الخطوط وبعضها أو بين الخطوط والأرض.

وعند التأكد من سلامة الخط الهوائي وأجهزة الوقاية له يجب البحث عن الميب داخل المحول نفسه والأخطاء التي تقع داخل المحول نفسه : -

١ - الكشف بين ملفات الضغط العالي والأرض للتأكد من سلامة العازل

٢ - الكشف بين ملفات الضغط المنخفض الأرض.

٣ - الكشف بين ملفات الضغط العالي والمنخفض للتأكد من عدم وجود قصر بينها.

٤ - التأكد من عدم وجود قصر بين الملفات وبعضها في دائرتي الضغط العالي والمنخفض.

٥ - الكشف عن أطراف التوصيل للمحول والتأكد من سلامة العازل لها بقياس درجة عزل الأطراف بجهاز قياس الميجر.

٦ - التأكد من سلامة أجهزة الوقاية مثل جهاز بوخلز أو جهاز ميرتس برايس.

أسباب ارتفاع حرارة المحول . -

١ - عطل في وسائل التبريد كما في حالة التبريد بالهواء المضغوط.

٢ - انسداد في المواسير التي توصل بين إناء المحول ووعاء التمدد.

٣ - وجود مواد غريبة في زيت التبريد مما يقلل من درجة عزل الزيت ولذلك يجب في هذه الحالة تغيير زيت المحول.



٤ - وجود عيب في طلمبات التبريد التي تقوم بسحب الزيت الساخن من وعاء المحول ودفع زيت بارد محله والعيب في الطلمبة أو المحرك الذي يديرها لا يؤدي هذا الفرض .

٥ - عيب في ملفات مصيدة المضاعف الثالث مما يسبب ارتفاع الضغط وبالتالي ارتفاع درجة حرارة الملفات للمحول .

٦ - يجب ملاحظة عمل جهاز بوخلز من زجاجة البيان للتحقيق من نتائج عمل الجهاز - فإذا كان القصر أو الإنصال بالأرض من النوع البسيط - فإن بخار الزيت يكون بكمية قليلة ويسرى بهدوء ويؤدي ويؤثر فقط على العوامة العليا للجهاز - فإذا ظهر لون أبيض في الزيت يدل على إحتراق الورق العازل واللون الأصفر يدل على إحتراق خشب - أما اللون الأسود أو الرمادي فيدل على تحليل الزيت ويجب أخذ عينه من الزيت وتحليلها عن طرق الصنبور المثبت في أعلى الجهاز .

أخطاء الإتصال بالأرض :

١ - عند توصيل نقطة الحياد بالأرض - فإن إتصال أى خط بالأرض معناه حدوث قصر على أحد أوجه الملفات - أما في حالة عدم إتصال نقطة الحياد بالأرض فإن الضغط الواصل على الوجهين الآخرين مرتفع بمقدار ٧٣ ٪ من قيمته مما يعرض العازل داخل المحول للخطر ويجب التأكد من سلامة نقطة الحياد الموصلة بالأرض .

٢ - حدوث إنكسار العازل بين الملفات وأرض يحدث غالباً نتيجة لعطل جهاز موانع الصواعق كما سبق القول وفي هذه الحالة يقوم جهاز ميرتس برايس أو جهاز القلب المتزن بفصل المحرك عن الشبكة الكهربائية .

٣ - ومن هذا نفهم أهمية توصيل نقطة الحياد بالأرض لتحقيق فائدتين وهما حماية الشبكة وكذلك حماية الخطر الذي قد يصيب الإنسان عند حدوث إصابات للخط الهوائي .

٤ - إتصال نقطة الحيايد بالأرض ليأمن عمل أجهزة الوقاية وكذلك سلامة العازل وبالأخص أطراف توصيل المحول بسبب زيادة ضغط الخط عن الحد المقتن - ويمكن توصيل نقطة الحيايد للأرض عن طريق مقاومة تحديد تيار العضو الدائر  
Current limiting derice

ويتم توصيل نقطة الحيايد بالأرض عن طريق الواح من النحاس تدفن في باطن الأرض والتأكد من مقاومة اللوح الكهربائي لا تزيد عن  $\frac{1}{4}$  أوم - ويجب التأكد من وصلة الأرض بنقطة الحيايد .

٥ - في حالة المحولات الدلتا يتصل المحول الرئيسى بمحول أرض الحيايد ويجب التأكد من توصيل هذا المحول بالأرض .

### اسئلة مختارة عن الباب السابع

س ١ : أذكر مع الشرح أسباب إرتفاع حرارة محرك إستنتاجى - وما هو تأثير السخونة الزائدة على الملفات ؟

س ٢ : ما هي أسباب عدم دوران محرك إستنتاجى ثلاثة أوجه عند توصيلة بالينبوع مع حدوث ظنين ؟

س ٣ : إشرح الخطوات المتبعة عند الكشف على محرك ثلاثة أوجه ليتمكن العثور على دوائر القصرية .

س ٤ : لماذا لا يمكن لمحرك ثلاثة أوجه أن يبدأ الدوران إذا كان أحد ملفات الأوجه مفتوحاً .

ب - ماذا يحدث لمحرك ٣ أوجه متصل بالينبوع وفتحت دائره أحد أوجه أثناء الدوران ؟

س ٥ : أذكر العيوب المحتمل وجودها في محرك تأثيرى الحركة ثنائى البدء - وأذكر الخطوات المتبعة عند الكشف على هذا المحرك .

س ٦ : أذكر الأسباب التي تؤدي لحدوث شرر على موحد محرك تأثيرى  
تفافرى البداء .

س ٧ : اشرح مع الرسم كيف يمكن أن يؤدي الخطأ في وضع حامل الفرش  
في مكانه الصحيح إلى عدم دوران محرك تفافرى ؟

ب - كيف يمكن تحديد وضع الفرش الصحيح وماذا يحدث لو لم تتحرك  
الفرش مسافة كافية في الوضع السليم ؟

س ٨ : ما هي أسباب دوران محرك إستنتاجى وجه واحد مع حدوث ضجيج  
عند الدوران ؟

س ٩ : أذكر العيوب التي تؤدي إلى دوران محرك إستنتاجى وجه واحد  
بسرعة أقل من سرعته العادية .

س ١٠ : اشرح كيف يمكن الكشف عن أعطال كراسى المحور في المحرك ؟

س ١١ : أذكر عدة أسباب لعجز المحرك ذو الوجه المشطور عن الدوران  
وشرح كل سبب .

س ١٢ : أذكر الطرق المتبعة التي تستخدم للكشف عن صحة قطبية الأقطاب  
بعد إعادة لف المحرك .

س ١٣ : كيف يحدث دوائر القصر في المحرك وكيف يمكن تحديد مكان  
القصر مع شرح الوسائل المستخدمة عند الكشف وأسباب حدوث القصر .

س ١٤ . ما هي أسباب حدوث هذه الأخطاء في محرك توالى (المحرك العام) .

( أ ) حدوث شرر شديد .

( ب ) تصاعد دخان المحرك .

( ح ) عزم دوران المحرك ضعيف .

( د ) دوران المحرك بسرعة أقل من السرعة العادية .







مكتبة الإنجليز المصرية

رقم الإصدار ١٩٩٦ لسنة ١٩٧٠